

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Н. В. Козакова, Є. В. Островерх, В. О. Федорович

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА АУДИТ
В МАШИНОБУДУВАННІ

Навчальний посібник
для студентів
спеціальності «Прикладна механіка»
денної, заочної та дистанційної форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 30.01.2018 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2018

УДК 620.3-03
ББК 306
Г75

Рецензенти:

Ф.В.Новіков, д-р техн. наук, проф. Національного економічного університету імені Семена Кузнеця

А. П. Тарасюк, д-р. техн. наук, проф., перший проректор Української інженерно-педагогічної академії

Розглянуто основні поняття і категорії управління якістю, його роль в системі сучасного менеджменту, показники якості продукції, процесів і задоволеності споживачів. Описано принципи та моделі оптимізації вимог до якості, методи нормування вимог до точності розмірів, форми, розташування поверхонь деталей машин, параметрів якості цих поверхонь, питання прогнозування та планування зміни вимог до якості. У навчальному посібнику розглядається системний підхід до процесу проведення сертифікації й аудиту в машинобудуванні, його вплив на систему менеджменту якості та принципи її подальшого вдосконалення.

Призначений для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання.

Г75 Козакова Н. В. Управління якістю продукції, сертифікація та аудит в машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Н. В. Козакова, Є. В. Островерх, В. О. Федорович. – Х. : НТУ «ХП», 2018. – с. – укр. мовою.

Рассмотрены основные понятия и категории управления качеством, его роль в системе современного менеджмента, показатели качества продукции, процессов и удовлетворенности потребителей. Описаны принципы и модели оптимизации требований к качеству, методы нормирования требований к точности размеров, формы, расположения поверхностей деталей машин, параметрам качества этих поверхностей, вопросы прогнозирования и планирования изменения требований к качеству. В учебном пособии рассматривается системный подход к процессу проведения сертификации и аудита в машиностроении, его влияние на систему менеджмента качества и принципы ее дальнейшего совершенствования.

Предназначено для студентов специальности «Прикладная механика» дневной, заочной и дистанционной форм обучения.

Іл. 34. Табл. 3. Бібліогр. 15 найм.

УДК 620.3-03
ББК

ISBN

© Н. В. Козакова, Є. В. Островерх, В. О. Федорович, 2018

ВСТУП

Якість продукції машинобудування в значній мірі визначає ефективність всього народного господарства країни, тому що машинобудування створює технічну базу всіх галузей народного господарства. Відомо, що вартість виробництва машин у десятки разів менша затрат на їхнє утримання в період експлуатації. Тому підвищення якості машин при їхньому виготовленні дає величезний народно-господарський ефект.

Задача підвищення якості машин є досить складною й може бути вирішена лише при комплексному використанні багатьох сучасних методів і засобів. У посібнику Н. В. Козакової, Є. В. Островерха, В. О. Федоровича «Управління якістю продукції, сертифікація та аудит в машинобудуванні» розглянуто засоби підвищення якості продукції в основному шляхом удосконалювання організації виробництва, методів його аналізу й управління. У цьому виданні головна увага зосереджена на таких інженерних засобах управління якістю, як оптимізація вимог до якості продукції при її проектуванні, статистичні методи регулювання й контролю якості при виробництві продукції, застосування вітчизняних і міжнародних стандартів в області якості на всіх етапах життєвого циклу продукції, підтвердження відповідності (сертифікація) продукції й систем менеджменту якості (СМЯ) встановленим вимогам.

Оскільки до 80% якості продукції формується при її проектуванні, у цій роботі докладно розглянуто методи вибору вимог до якості продукції машинобудування (розд. 2). Використання стандартизації й сертифікації при створенні продукції та СМЯ не тільки призводить до підвищення якості продукції, але й сприяє інтеграції виробників у світовий ринок, міжнародному визнанню конкурентоспроможності їхньої продукції.

Розд. 1 підготовлено канд. техн. наук Є. В. Островерхом і д-ром техн. наук, проф. В. О. Федоровичем, розд. 2 – канд. техн. наук, доц. Є. В. Островерхом і канд. техн. наук, доц. Н. В. Козаковою, розд. 3 – канд. техн. наук, доц. Є. В. Островерхом і д-ром техн. наук, проф. В. О. Федоровичем, розд. 4 – д-ром техн. наук, проф. В. О. Федоровичем. Наукове редагування навчального посібника виконав канд. техн. наук, проф. Г. К. Крижний.

Автори виражають вдячність В.О. Склепус за комп'ютерний набір тексту й оформлення графічного матеріалу.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КАТЕГОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

1.1. Поняття «якість»

Зміст поняття «якість» змінювався з розвитком людства, його виробничих сил, соціальних відносин. Це поняття поступово ускладнювалося, здобувало інтегральний характер і в цей час поширюється не тільки на продукцію, послуги, але й на організацію виробництва, суспільство й життя в цілому. Еволюцію уявлення про якість наведено у табл. 1.1. На початку історичного розвитку якість була предметом вивчення філософів і була чисто філософською категорією. Аристотель (III ст. до н.е.) звернув увагу на те, що якість проявляється в багатьох відносинах:

- 1) як видова відмінність сутності;
- 2) як характеристика станів сутності;
- 3) як властивість речей.

Перший вид якості відтворює стабільність предмета, його відмінності від інших речей; другий і третій – це стани, властивості, здатні змінюватися й переходити одні в інші (холод–тепло, швидко–повільно й т.п.). Гегель (XIX ст. н.е.) визначав якість як внутрішню сутність, визначеність буття, а кількість – як байдужу для сутності буття визначеність. Гегель виявив діалектику якості й кількості, їхню взаємовизначеність. З розвитком виробничих сил, переходу від кустарного до промислового виробництва (XVIII ст.–перша половина XX ст.) поняття «якість» здобувало усе більш прикладний характер і використовувалося в основному для оцінки спочатку продукції, а потім і послуг. При цьому під якістю розумілася головним чином сукупність властивостей об'єкта, їхня відповідність заданим. З насиченням ринку, переходом до індустріального і постіндустріального, а потім і до інформаційного суспільства (починаючи з 50-х років XX ст. до наших днів) на перше місце висунулася проблема реалізації продукції (у тому числі й послуг), а не її виробництво. Тому під якістю стали розуміти здатність продукції задовольняти потреби споживача. При цьому якщо в ДСТУ 15467-79 мається на увазі сучасний споживач, для якого спроектована продукція, то в ISO 8402:1994 вже йдеться не тільки про встановлені, але й про передбачувані потреби (табл. 1.1). Це вказує на необхідність плану-

вання якості. Для обґрунтованого планування якості, крім прогнозу потреб, необхідно враховувати економічні наслідки випуску продукції певної якості. Видатний японський інженер Г. Тагуті запропонував визначення якості, що полегшує рішення зазначеної задачі. За Г. Тагуті [4] «якість – це ті втрати, які продукція заподіює суспільству з моменту її відвантаження і які не пов'язані з втратами, що виникають через властиві їй функції». Методика планування якості, запропонована Г. Тагуті (розд. 2.3), дозволяє зв'язати технічні характеристики виробу (допуски на його показники якості) із суспільною ефективністю його виготовлення.

Таблиця 1.1 – Динаміка поняття «якість» [1]

Автор	Формулювання визначення якості
Аристотель (III в. до н.е.)	Відмінність між предметами; диференціація за ознакою «гарний–поганий»
Гегель (XIX ст. н.е.)	Якість є, в першу чергу, тотожна з буттям визначеність, так що щось перестає бути тим, що воно є, коли воно втрачає свою якість
Китайська версія	Ієрогліф, що позначає якість, складається із двох елементів: рівновага та гроші (якість: рівновага–гроші). Отже, якість тотожна поняттям «висококласний», «коштовний»
У. Шухарт (1931 р.)	Якість має два аспекти: об'єктивні фізичні характеристики; суб'єктивну сторону: наскільки річ добра для споживача
К. Ісікава (1950 р.)	Якість – властивість, що реально задовольняє споживачів
Дж. М. Джуран (1979 р.)	Придатність для використання (відповідність призначенню); суб'єктивна сторона: якість є ступінь задоволення споживача (для реалізації якості виробник повинен довідатися про вимоги споживача й зробити свою продукцію такою, щоб вона задовольняла ці вимоги)
ДЕРЖСТАНДАРТ 15467–79	Якість продукції – сукупність властивостей продукції, які обумовлюють придатність задовольняти потреби відповідно до її призначення
Міжнародний словник ISO 8402: 1994	Якість – сукупність характеристик об'єкта, які відносяться до його здатності задовольнити встановлені або передбачувані потреби
Міжнародний стандарт ISO 9000: 2005	Якість – ступінь, з якого сукупність власних характеристик виконує вимоги (потреби або очікування, які встановлені, звичайно передбачаються або є обов'язковими)

Аналіз шляхів досягнення необхідної якості і її ролі в житті суспільства показав, що:

- якість продукції є вершиною піраміди з основою у вигляді якості суспільства, від якого залежить якість фірми, що визначає, у свою чергу, якість виробництва (рис. 1.1);

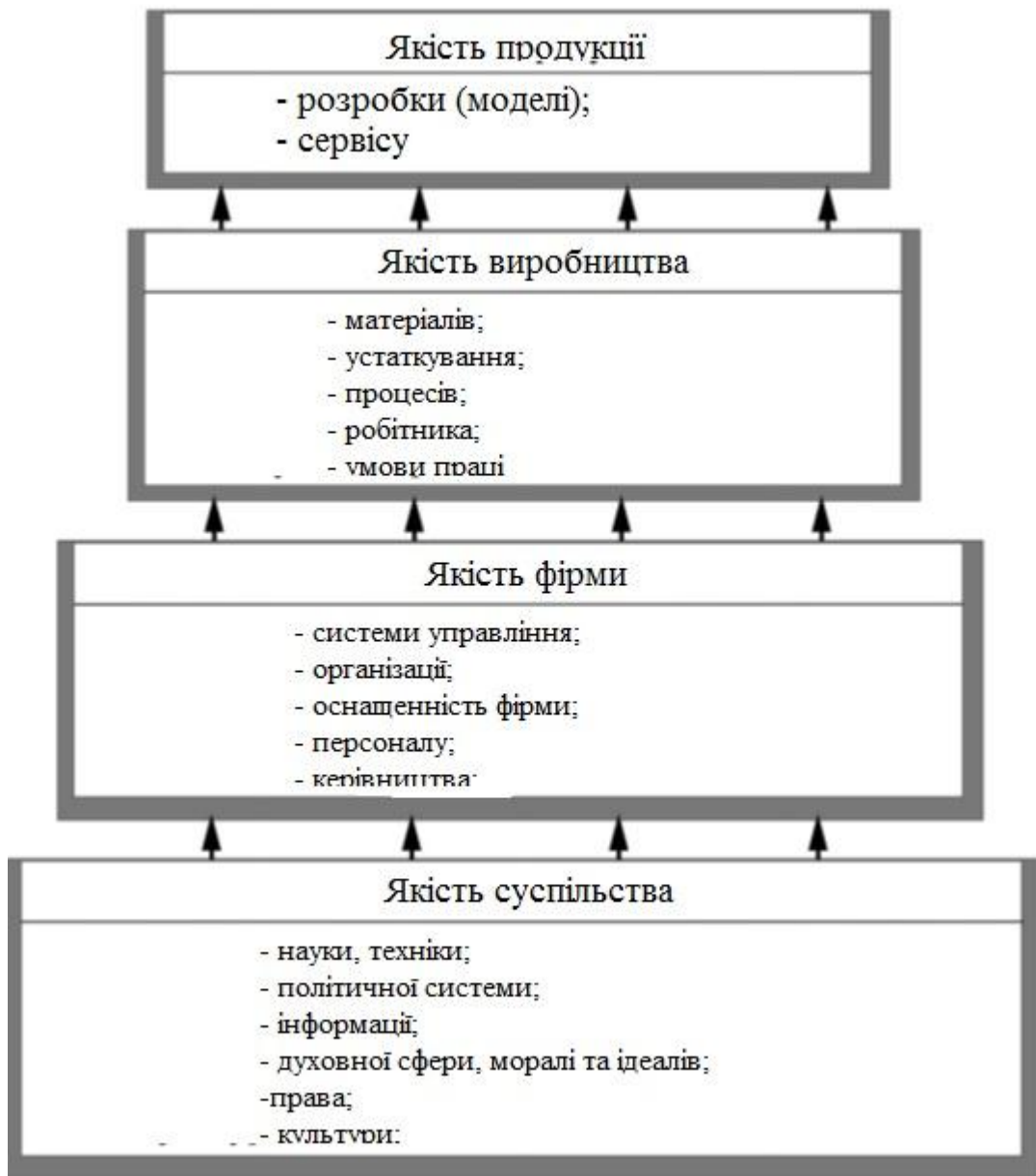


Рисунок 1.1 – «Піраміда якості»

- досягнення необхідної якості продукції дозволяє не тільки задовольнити потреби споживачів, але й підвищити якість життя всіх членів суспільства. Чимале значення має при цьому одержання морального задово-
- 6

лення виробників від усвідомлення добре виконаної роботи. Отже, поняття «якість» пройшло у своєму розвитку такі етапи:

- 1) якість як визначеність, суть предметів, явищ (III ст. до н.е.–початок XVIII ст.);
- 2) якість як сукупність властивостей предметів (XVIII ст.–початок XX ст.);
- 3) якість як відповідність стандартам (початок XX ст.–20-ті роки XX ст.);
- 4) якість продукції як відповідність стандартам і стабільність процесів (20-ті роки XX ст.–початок 50-х років XX ст.);
- 5) якість продукції, процесів, діяльності як відповідність ринковим вимогам (початок 50-х років XX ст.–початок 80-х років XX ст.);
- 6) якість як задоволення вимог і потреб споживачів і виробників (початок 80-х років XX ст.–початок 90-х років XX ст.);
- 7) якість як задоволення вимог і потреб суспільства, споживачів і виробників (початок 90-х років XX ст.–початок XXI ст.).

1.2. Поняття «забезпечення якості» та «керування якістю»

Питання забезпечення належної якості продукції та послуг були актуальні за всіх часів, але особливу гостроту вони придбали в період становлення й активного розвитку ринкових відносин. При виникненні підприємств із масовим характером виробництва продукції, що відбулося на рубежі XIX–XX ст., виникла проблема забезпечення надійного відтворення заданих характеристик товарів, забезпечення їхньої якості. Еволюцію методів вирішення цієї задачі і її змісту показано в табл. 1.2, 1.3. До середини 1960-х років XX ст. основна увага зверталася на виключення браку. Головна роль приділялася контролю й відбраковуванню дефектної продукції. Контроль і відбраковування у виробничій практиці реалізовувалися різними методами, які розбудовувалися й удосконалювалися під впливом досягнень науково-технічного прогресу. Організаційно система контролю якості відповідала структурі виробничого процесу і відповідала його вимогам. При цьому, якщо виробничий процес (від закупівлі сировини до виготовлення

готової продукції) здійснювався на одному підприємстві, продукція перед відправленням споживачеві проходила приймальний контроль якості. Технологія виготовлення продукції могла складатися з великої кількості операцій і відрізнятися складністю. У цьому випадку приймальний контроль поєднувався з операційним. Значна роль приділялася вхідному контролю закупленої сировини. Система контролю будувалася за таким принципом: *виявлення дефекту й вилучення бракованого виробу із процесу виробництва повинні відбуватися якомога раніше*, тому що наступна обробка дефектного продукту призводила до серйозних втрат і невиправданого збільшення затрат на виробництво.

Підхід до забезпечення якості лише з позицій контролю вимагав (при 100%-ому контролі параметрів кожної деталі або виробу) великої кількості кваліфікованих контролерів. У великих промислових компаніях США кількість контролерів стала дорівнювати чисельності виробничого персоналу, а в цілому у промисловості в 20-і роки частка контролерів доходила до 30–40% чисельності виробничих працівників.

Таблиця 1.2 – Хронологія розвитку підходів до управління якістю

Період	Зміст етапу
20-ті роки XX ст.	Розбраковування дефектних виробів (масове виробництво, стійкий попит, ненасичений ринок)
30–40-ті роки XX ст.	Візуальний контроль матеріалів, що надходять, міжопераційний і остаточний контроль. Впровадження статистичних методів контролю
50– 60-ті роки XX ст.	Аналіз причин виникнення дефектів, орієнтація на потреби ринку, удосконалення організації виробництва
70–80-ті роки XX ст.	Інтегрований контроль якості, що охоплює всі етапи життєвого циклу виробу
90-ті роки XX ст.	Комплексний підхід до управління якістю, забезпечення якості стає стратегією підприємства

Принциповим недоліком цього підходу було те, що оцінка відповідності й керувальні впливи (добробка браку або його видалення й утилізація):

- були зв'язані не із причинами появи браку, а з їхніми наслідками;
- здійснювалися, коли виробничий процес був уже завершений.

Таблиця 1.3 – Сутність етапів еволюційного розвитку ключових підходів до менеджменту якості

Назва етапу	Зв'язок в часі з виробом	Зміст етапу
Контроль якості	Дії, що проводяться <i>після</i> виготовлення продукції	Методи, що дозволяють проконтролювати якість виготовленої продукції
Управління якістю	Дії, виконувані <i>під час і після</i> виготовлення продукції	Методи керування якістю у процесі виготовлення продукції
Забезпечення якості	Дії, проведені <i>перед</i> виготовленням, <i>під час і після</i> виготовлення продукції	Методи, що гарантують потрібну якість
Загальний менеджмент якості (TQM)	Дії, здійснювані <i>постійно та на всіх напрямках діяльності</i>	Усе, що дозволяє безупинно поліпшувати всі напрямки діяльності з метою задоволення та передбачення очікувань споживачів

Низька ефективність такого способу управління якістю очевидна. І не тільки через необхідність утримувати величезний штат контролерів. Основні втрати були пов'язані з витраченими впусу матеріалами та живою працею виробничого персоналу, про що ставало відомо лише під час остаточного контролю, при виявленні браку. І, нарешті, найголовніше: цей підхід міг служити *бар'єром для пропуску бракованої продукції*, але він не міг визначально впливати на *зниження рівня браку*. Тому вже в 30-ті роки ХХ ст. методи управління якістю почали охоплювати самі виробничі процеси, а потім і більш ранні стадії, що передують власне процесу виробництва: проектування та розробки; придбання сировини, матеріалів і комплектуючих; підготовки персоналу і т.п. Сучасні методи управління якістю поширюються вже на всі етапи життєвого циклу виробів, починаючи з вивчення попиту (маркетингових досліджень) і закінчуючи питаннями утилізації продукції, що відпрацювала свій термін. Зі зміною змісту методів управління якістю змінювалися й визначення терміну «управління якістю». Словник термінів розділяє поняття «управління якістю» і «забезпечення якості». Під *управлінням якістю* маються на увазі методи та види діяльності оперативного характеру, які використовуються для виконання вимог до якості. Під *забезпеченням якості* маються на увазі всі плановані та систематично здійснювані види діяльності в рамках системи якості, а також підтверджувані (якщо це потрібно, підтвердження може проводитися шляхом сертифікації (оцінки)

системи якості офіційно визнаним органом з сертифікації), необхідні для створення достатньої впевненості в тому, що організація буде виконувати вимоги до якості. У відповідності зі словником термінів *система якості* – це сукупність організаційної структури, методів, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення загального керівництва якістю. У словнику термінів відзначається, що деякі дії з управління якістю та забезпечення якості взаємозалежні. Найбільш докладний опис дій з управління якістю й елементів системи якості викладено в стандарті ISO 9001: 1994 «Модель забезпечення якості при проектуванні, розробці, виробництві, монтажі й обслуговуванні». Приведемо перелік цих елементів:

- відповідальність керівництва;
- система якості;
- аналіз контракту;
- керування проектуванням;
- керування документами та даними; закупівлею;
- керування продукцією, наданою замовником;
- ідентифікація та відслідковуваність продукції;
- керування процесами; контроль і випробування;
- керування контрольним, вимірювальним устаткуванням;
- статус контролю та випробувань;
- керування продукцією, що не відповідає встановленим вимогам;
- коригувальні та попереджувальні дії;
- поводження із продукцією, її зберігання, пакування, консервація й поставка;
- керування звітами про якість;
- аудити якості; підготовка кадрів;
- технічне обслуговування; статистичні методи.

Стандарт ISO 9000: 2000 уточнює ці поняття. Істотним моментом є введення такого поняття, як «менеджмент», і пов'язаних з ним понять «менеджмент якості», «система менеджменту якості» і «загальний менеджмент якості». Перекладачі нової редакції стандартів ISO серії 9000 і ряд фахівців пояснюють появу терміна «менеджмент» в україномовній літературі з якості тим, що у світовій практиці поняття «менеджмент» має більш широке

значення, чим термін «управління», який застосовується у наших системах. Проте, поряд з поняттям «менеджмент якості» ISO 9000: 2005 розглядає й поняття «управління якістю» і «забезпечення якості». У стандарті ISO 9000: 2005 розглянуто формулювання цих понять.

Організація – група працівників та необхідних коштів з розподілом відповідальності, повноважень і взаємовідносин.

Споживач – організація або особа, що одержує продукцію.

Постачальник – організація або особа, що надає продукцію.

Менеджмент – скоординована діяльність з керівництва й керування організацією.

Система менеджменту – система для розробки політики та цілей, а також досягнення цих цілей.

Система менеджменту якості – система менеджменту для керівництва та керування організацією стосовно якості.

Управління якістю – частина менеджменту якості, спрямована на виконання вимог до якості.

Забезпечення якості – частина менеджменту якості, спрямована на створення впевненості, що вимоги до якості будуть виконані.

Деякі із цих визначень недостатньо конкретні, вони розкривають скоріше задачі тієї або іншої *системи*, ніж її *зміст*.

Забезпечення якості – це процес або результат формування необхідних характеристик продукції при її створенні, а також підтримка цих характеристик при зберіганні, транспортуванні й експлуатації продукції. Для забезпечення якості потрібні матеріальна база, навчений і зацікавлений персонал, а також чітка організація робіт, у тому числі з управлінням якістю (рис. 1.2). Із цього визначення видно, що поняття «забезпечення якості» більш широке, чим «управління якістю».

Оперативне управління якістю (quality control) – це методи та види діяльності оперативного характеру, що вміщують в себе контроль якості, збір і розподіл інформації про якість, розробку заходів, прийняття оперативних рішень з якості і їх реалізації на всіх етапах виробництва. Оперативне управління якістю спрямоване на забезпечення відповідності фактичного рівня якості заданому технічною документацією. При цьому аналізуються процеси та зв'язки усередині організації. Керуючі впливи на всі підрозділи

організації взаємозалежні, утворюють замкнений безперервний контур, який прийнято називати *горизонтальною петлею управління* (рис. 1.3). Поряд з оперативним управлінням необхідне й загальне керівництво якістю – адміністративне управління якістю (quality management), що враховує процеси зміни вимог до якості поза організацією, що й трансформує ці вимоги для цієї організації.



Рисунок 1.2 – Схема забезпечення якості продукції

Загальне керівництво якістю – це діяльність адміністрації, що передбачає визначення цілей і формування політики якості, прогнозування, планування й організацію робіт з якості, навчання й мотивацію персоналу, прийняття рішень і взаємодію з питань якості із зовнішнім середовищем: постачальниками, замовниками, органами влади, конкурентами та ін. Взаємозалежні керувальні впливи утворюють при цьому *вертикальну петлю управління* (див. рис. 1.3). Взаємозв'язок, циклічність, безперервність керувальних дій характерні не тільки для управління якістю в масштабах організації, регіону й т.п., але й при управлінні всіма процесами, що відбуваються в організації, і впливають на якість.

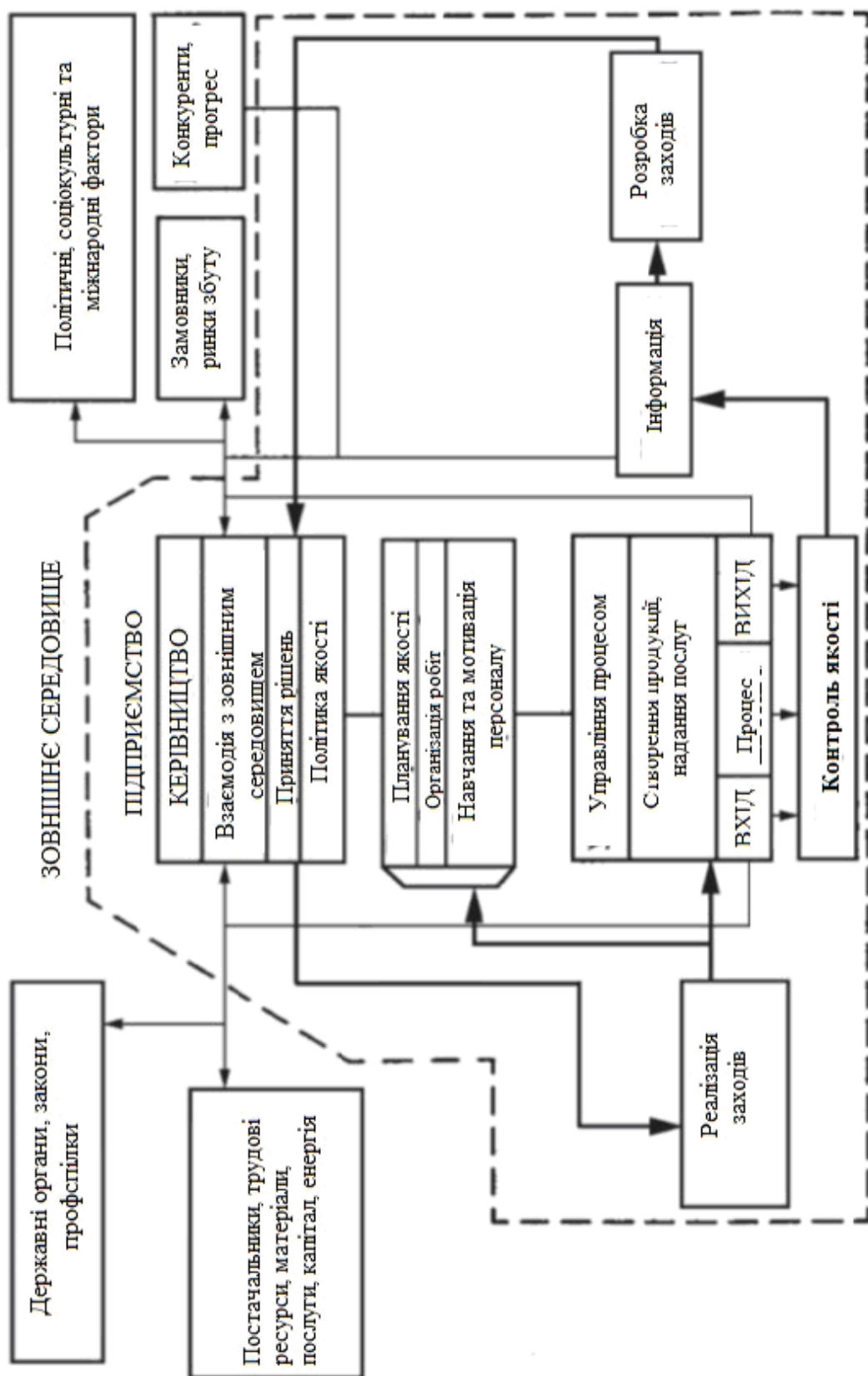


Рисунок 1.3 – Модель процесу управління якістю:

----- вертикальна петля ----- горизонтальна петля

Згідно з деякими авторами *процес* – це сукупність взаємозалежних і взаємодіючих видів діяльності, що перетворюють входи у виходи. Процесний підхід до управління якістю, встановлений ISO 9000:2005 як один з основних принципів менеджменту якості, вимагає розглядати всю діяльність організації як сукупність різних процесів і керувати ними одноманітно.

Зокрема, при управлінні якістю процесів необхідно використовувати цикл PDCA, запропонований У. Шухартом, який одержав популярність завдяки Є. Демінгу, для демонстрації діяльності з підвищення якості продукції (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Цикл PDCA – Цикл Шухарта-Демінга

Тут передбачається виконання чотирьох етапів робіт:

- планування (plan – P);
- виконання робіт – дія (do – D);
- контроль результатів (check – C);
- коригувальна дія (action – A).

Робота за циклом може повторюватися доти, поки не буде досягнуто запланований результат. Процес управління якістю, що представляє собою замкнений цикл взаємопов'язаних дій, називають *петлею якості*. Цей термін включений у словник Європейської організації з якості (ЄОЯ).

Якщо управління якістю призводить до її поліпшення, то характеристики продукції змінюються, й петля якості перетворюється у *спіраль якості* (рис. 1.5). Погіршення роботи організації може змінити напрямок вектора якості, перетворити спіраль якості в петлю якості або навіть у спіраль зворотної спрямованості, в якій має місце зниження якості продукції.

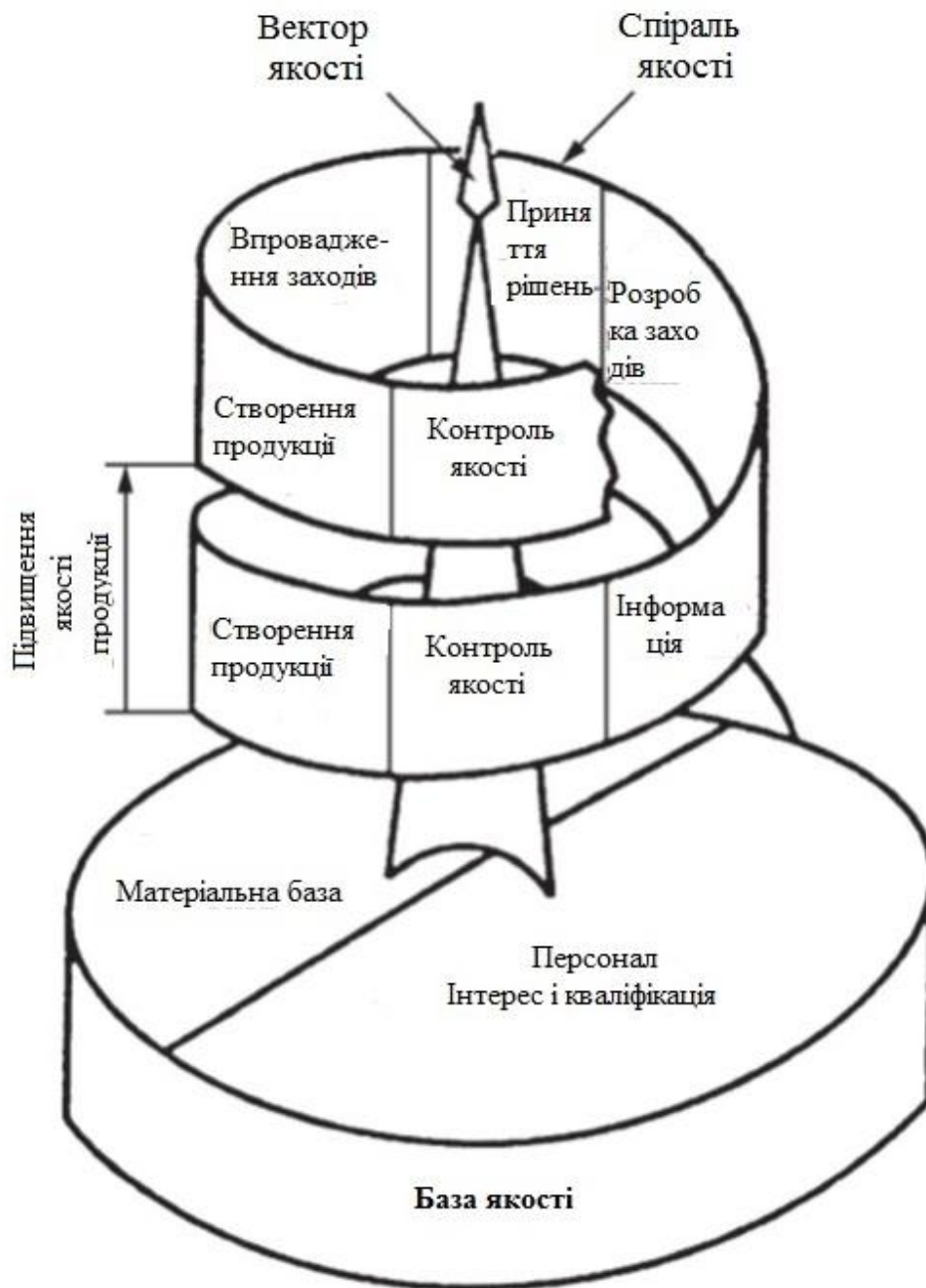


Рисунок 1.5 – Модель якості

1.3. Роль управління якістю в системі сучасного менеджменту

Сьогодні загальновизнаним вважається те, що якість продукції, послуг є основою успішної діяльності будь-якої організації. Розвиток поняття «якість» у напрямку його універсальності, як було показано вище, призвело до того, що це поняття поширюється зараз не тільки на продукти діяльності людини, але й на організаційні структури й рівень життя. Зростання ролі якості наблизило методи управління якістю і роботу різних організацій, суспільства в цілому. Основою і загального менеджменту, і менеджменту якості є система Ф.У. Тейлора. Насправді, саме він створив концепцію наукового менеджменту, звернув пильну увагу на необхідність обліку варіабельності виробничого процесу й оцінив важливість її контролю. Система Тейлора включала поняття верхньої й нижньої меж якості, поля допуску, вводила такі вимірювальні інструменти, як шаблони й калібри, а також обґрунтовувала необхідність незалежної посади інспектора з якості, різноманітну систему штрафів для бракоробів, форм і методів впливу на якість продукції. Надалі на тривалий період часу (з 1920-х до початку 1980-х років) шляхи розвитку загального менеджменту й менеджменту якості (рис. 1.6) розійшлися. Головна проблема якості сприймалася й розроблювалась фахівцями переважно як інженерно-технічна проблема контролю й управління варіабельністю продукції й процесів виробництва, а проблема менеджменту – як проблема організаційного й навіть соціально-психологічного характеру.

Насправді, на другому етапі (1920–1950-ті роки) розвиток одержали статистичні методи контролю якості – SQC (У. Шухарт, Г. Ф. Додж, Г. Г. Ромінг та ін.). З'явилися контрольні карти, обґрунтовувалися вибіркові методи контролю якості продукції й регулювання технологічних процесів. Саме Шухарта на Заході називають батьком сучасної філософії якості. Він вплинув на таких гуру в галузі якості як Є. Демінг і Дж. М. Джуран. І Демінг, і Джуран активно пропагували статистичні підходи до виробництва, однак саме вони першими звернули увагу на організаційні питання забезпечення якості, зробили акцент на ролі вищого керівництва у вирішенні проблем якості. У відомих 14 принципах Демінга вже важко відокремити інженерні методи забезпечення якості від організаційних проблем менеджменту.

В 1950–1980 роки навіть найширокомасштабні внутрішньо-фірмові системи за кордоном ще називалися *системами контролю якості*: TQC (Фейгенбаум), CWQC (К. Ісікава, сім інструментів якості), QC (методи Тагуті), QFD і т.п. У цей час активно формувався напрямок, який на відміну від менеджменту якості має сенс назватися «інжинірингом якості». Однак саме в цей період спостерігалось активне зближення методів забезпечення якості з уявленнями загального менеджменту. За кордоном найбільш характерним прикладом цього є система ZD («нуль дефектів»). Однак і всі інші системи якості починають широко використовувати інструментарій «науки менеджменту». Почався історичний рух назустріч один одному загального менеджменту й менеджменту якості. Цей рух об'єктивний і історично збігся, з одного боку, з розширенням уявлень про якість продукції й способи впливу на неї, а з іншого – з розвитком системи внутрішньо-фірмового менеджменту. Була звернена увага на необхідність застосування для вирішення проблем якості системного підходу на основі інтеграції й координації всіх видів діяльності на підприємствах. Ця необхідність пояснюється тим, що самоврядування якістю продукції розглядалось як керування всім виробництвом. Стало ясно, що якість може бути забезпечено, якщо цю задачу будуть вирішувати всі працівники на всіх етапах створення й існування продукції. Організаційно ця тенденція проявлялася у створенні як спеціалізованих служб на підприємстві, відповідальних за забезпечення якості на окремих етапах виробництва або при використанні спеціальних методів (служба ВТК, відділи стандартизації, метрології, державного приймання продукції та ін.), так і комплексних служб, що намагаються координувати роботу інших служб із забезпечення якості, планувати й управляти якістю продукції на підприємстві (відділ надійності, постійно діючі комісії й ради з якості, заступник директора з якості із своєю службою й т.п.). У цей же період (з початку 1980-х років) подібні ідеї почали домінувати в теорії й практиці загального менеджменту, які віддавали перевагу матричним, програмно-, проектно- і проблемно-орієнтованим організаційним структурам. Цей напрямок розвитку менеджменту одержав назву *керування за цілями* (МВО). Основна ідея цієї концепції полягає в структуризації й розгортанні цілей (створенні дерева цілей), а потім у проектуванні системи організації й мотивації досягнення цих цілей.

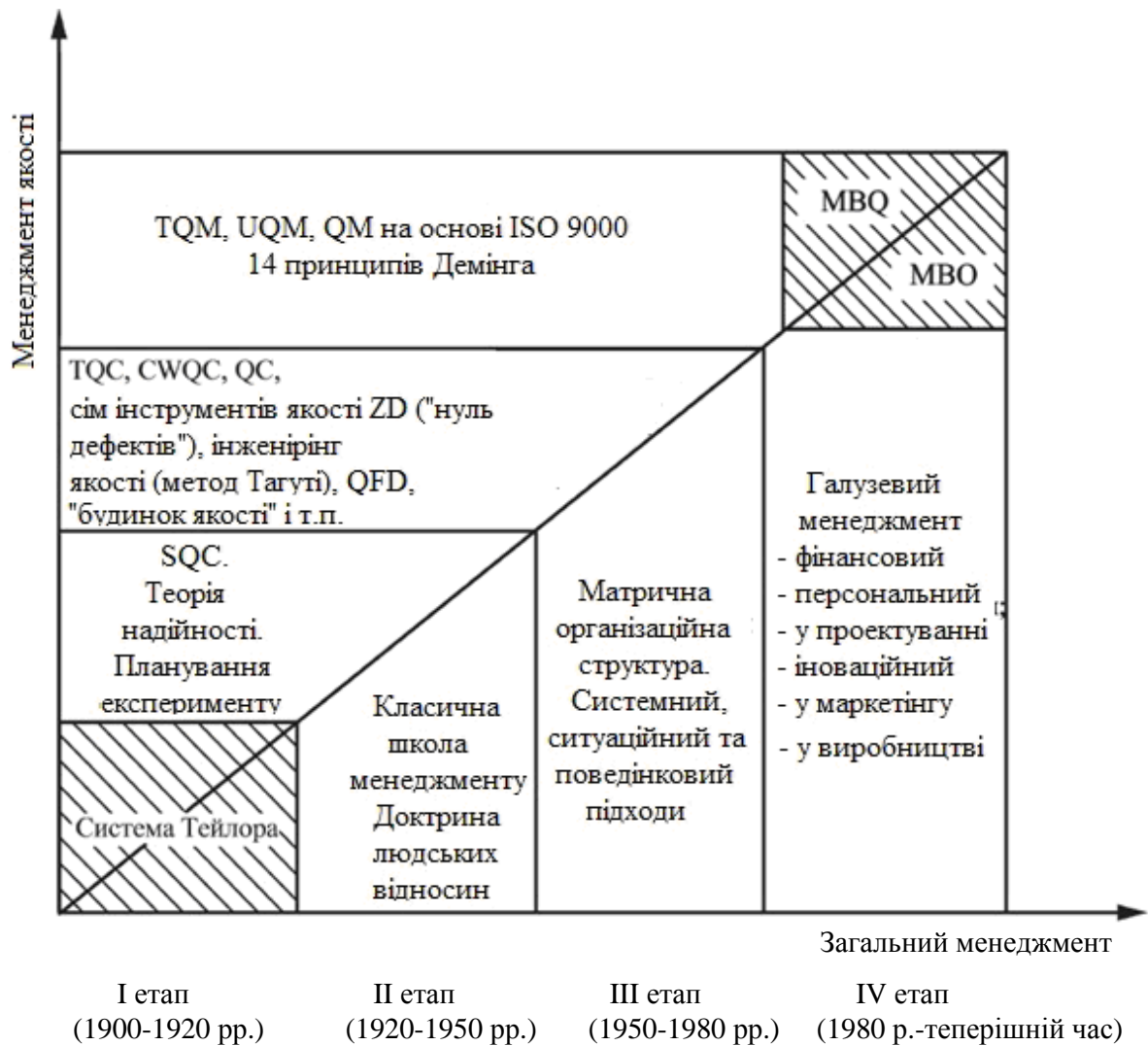


Рисунок 1.6 – Взаємовідносини загального менеджменту й менеджменту якості:

MBQ – Management by Quality – менеджмент на основі якості;

MBO – Management by Objectives – Управління по цілям;

Tqm – Total Quality Management – Загальний менеджмент якості;

UQM – Universal Quality Management – універсальний менеджмент якості;

QM – Quality Management – менеджмент якості;

TQC – Total Quality Control – загальний контроль якості;

CWQC – Company Wide Quality Control – контроль якості в масштабі всієї компанії;

QC – Quality Circles – Кола контролю якості;

ZD – Zero Defect – Система «Нуль дефектів»;

QFD – Quality Function Deployment – розгортання функції якості;

SQC – Statistical Quality Control – статистичний контроль якості

В той ж саме час вже сформувався потужний набір теоретичних і практичних коштів, який одержав назву *менеджмент на основі якості* (MBQ). В активі менеджменту якості сьогодні:

- більш 30 міжнародних стандартів ISO сімейства 9000 (включаючи й ISO 14000 у галузі екологічного менеджменту);
- Міжнародна система сертифікації систем якості, включаючи сотні акредитованих органів з сертифікації;
- Міжнародний реєстр сертифікованих аудиторів систем якості (IRCA), у якому вже працюють більш 10 000 фахівців з багатьох країн світу;
- практично існуюча система аудита менеджменту;
- аналогічна система аудита на багатьох регіональних і національних рівнях;
- близько 500000 фірм світу, що мають сертифікати на внутрішньофірмові системи якості.

Менеджмент якості – менеджмент четвертого покоління – стає в наш час провідним менеджментом фірм. Одночасно відбувається процес зрощування МВО й MBQ, як було на першому етапі в системі Тейлора, але вже на новому, якісно іншому рівні. Сьогодні жодна фірма, яка не є просунутою в галузі менеджменту якості й екології, не може розраховувати на успіх у бізнесі і якесь суспільне визнання.

1.4. Об'єкти якості й стратегія управління ними

Нормативні документи у галузі якості, у тому числі стандарти ISO серії 9000, практично залишають без уваги об'єкт управління при управлінні якістю, очевидно, вважаючи його зовсім очевидним. У той же час ефективність управління якістю багато в чому залежить від правильно обраних об'єктів і засобів управління. Виходячи із загальновизнаного визначення якості як сукупності характеристик об'єкта, що відносяться до його здатності задовольняти встановлені й передбачувані потреби, або як ступеня, з якого сукупність власних характеристик виконує вимоги стандарту, управління якістю є управлінням зазначеними характеристиками об'єкта. Їх мож-

на назвати *експлуатаційними, або споживчими показниками якості продукції (послуг)*. Звідси випливає, що:

- якість будь-якого об'єкта тільки тоді може стати об'єктом управління, коли його можна описати споживчими показниками якості та встановити їхній взаємозв'язок з технологічними показниками, що піддаються зміні на всіх етапах створення й використання продукції;
- чим повніше склад споживчих показників якості, тим краще характеризуються здатність і придатність об'єкта до задоволення потреб і тим більше ефективним і в той же час більш складним стає управління якістю;
- якістю можна керувати, якщо споживчі й технологічні показники вдається виміряти відтвореним способом з відомою вірогідністю – ці показники взаємозалежні, технологічні показники регулюються зміною умов створення й використання продукції;
- оскільки вартість об'єкта залежить від показників його якості, то управління ними деякою мірою є управлінням вартістю об'єкта.

Споживчі (функціональні, експлуатаційні, нормативні) показники якості характеризують найважливіші споживчі властивості об'єкта, визначають його придатність для покупця. Ці показники встановлюються стандартами й рівними їм за статусом документами, а також технічними умовами й контрактами. Вони діляться на дві взаємозалежні групи:

- показники *призначення*, що характеризують здатність об'єкта задовольняти головну потребу покупця (наприклад, для побутового холодильника – зберігати харчові продукти, для калорифера – підтримувати температуру в приміщенні);
- показники *ефективності* використання об'єкта за призначенням: безпека, надійність, енергоспоживання й т.п.

Технологічні показники якості характеризують основні особливості об'єкта й процеси його створення й використання, що дозволяє, по-перше, досягтися споживчих показників і, по-друге, забезпечити його виготовлення (або виконання – для послуги) і використання. Технологічні показники можуть бути розділені на технічні й організаційно-економічні. Технологічні технічні показники свідчать про якість об'єкта на всіх етапах його створення й використання. Для побутового холодильника до таких показників може бути віднесено потужність компресора, розміри з допусками, характери-

ки якості поверхні його деталей. Технологічні технічні показники регламентуються конструкторсько-технологічною документацією та контрактом. Технологічні організаційно-економічні показники характеризують ступінь досконалості організації й ефективності різних процесів створення та використання продукції (у тому числі послуг). У числі цих показників – стан устаткування, ступінь забезпечення необхідною інформацією й оснащенням усіх учасників створення продукції, рівень кваліфікації та мотивації кадрів, різні характеристики рівня організації та ефективності процесів створення та використання продукції й т.п. Інформація про плановані й фактичні значення цих показників знаходиться у стандартах підприємства, посадових і інших інструкціях, планах роботи, звітах, результатах аудита фірми й т.п. Нормування показників якості може виконуватися або шляхом обмеження їхніх граничних значень, або вказівкою виду та числа дефектів, тобто відхилень від заданих показників, припустимих без виправлення, припустимих і неприпустимих до виправлення. Безпосередніми об'єктами управління, у тому числі об'єктами контролю при виготовленні продукції, є технологічні технічні показники якості. Об'єктами управління на інших етапах життєвого циклу продукції є, в основному, технологічні організаційно-економічні показники якості. Перша задача управління якістю – вибір складу та значень споживчих показників якості. Цей вибір визначається багатьма факторами, які будуть розглянуті нижче, але починати треба з *мети управління якістю*. Такими цілями можуть бути:

- *підтримка досягнутого рівня якості при мінімальних затратах постачальника, який припускає незмінність складу й значень нормативних і об'єктових показників, встановлених у технічних документах постачальника і (або) контрактах;*

- *підвищення якості до заданого рівня або безперервне його підвищення при підтримці конкурентоспроможної ціни й збільшенні прибутку постачальника, що має на увазі не тільки поліпшення значень використовуваних показників якості, але й розширення або зміну їхнього складу; створення нового об'єкта якості при заданих затратах постачальника або покупця, що означає появу нового об'єкта з новими показниками якості, склад і значення яких необхідно вибрати (наприклад, поява посудомийної машини зажадала встановлення для неї специфічних показників, які раніше не використовувалися);*

- *забезпечення бажаного для покупця рівня якості при мінімальних затратах, оскільки покупця цікавлять і високий рівень якості об'єкта, і його доступна ціна.*

Крім мети управління якістю на вибір показників впливають також:

- споживчі переваги можливих покупців;
- показники якості аналогічних об'єктів, що є на ринку;
- намір у ряді випадків додати об'єкту зовсім нових властивостей або створити новий об'єкт для нових можливих потреб ймовірного покупця (споживача);
- рекомендації або вимоги міжнародних або національних організацій (особливо для експорту);
- вимоги держави.

Тому суб'єкт (постачальник або покупець), що намагається керувати якістю, повинен вивчити й знати перераховані вище фактори. Очевидно, що перші три з них вивчаються при маркетингових дослідженнях. У вітчизняній практиці держава через закони, нормативні акти уряду й органів виконавчої влади, а *головне, через стандарти та однакові з ним за статусом технічні норми* прямо визначає склад і значення обов'язкових і кращих показників якості.

При виборі показників якості *об'єкта* треба також вирішувати питання про показники якості *сировини, матеріалів і комплектуючих*, необхідних для його виготовлення. Ці рішення стосуються як споживчих, так і технологічних показників якості. Встановлення технологічних показників якості вимагає знання й обліку всіх факторів, які прямо і побічно впливають на кожний споживчий показник якості. Наприклад, задане в технічних умовах на автомобіль нормативне значення затрат палива залежить від безлічі технологічних показників (матеріалу, форми й розмірів, міцності, стану поверхні деталей двигуна, трансмісії, ходової частини, кузова, характеристик моторної олії, шин і т.п.). Склад і значення показників якості визначають не тільки наступні рішення з управлінням якістю, але й затрати на головні засоби забезпечення його належного рівня: персонал, матеріальне забезпечення (матеріали, устаткування, приміщення, документація та ін.), організацію роботи. Тому остаточний вибір показників якості залежить від *фінансових можливостей* суб'єкта і є рішенням у галузі управління не тільки якістю,

але й фінансами. Документи, що встановлюють показники якості конкретного об'єкта (стандарти, регламенти, технічні умови, конструкторська та технологічна документація і т.п.), необхідно включати як самостійний комплекс до складу документів, що забезпечують функціонування системи якості, який перевіряється при її сертифікації. Відповідно до вимог міжнародного стандарту (МС) і відповідного йому стандарту України (ДСТУ), а також рекомендацій системи Загального управління якістю (TQM) управління якістю (система якості) повинне охоплювати всі види діяльності всіх членів суб'єкта господарювання, що визначають якість продукції, і поширюватися на всі етапи життєвого циклу продукції та процеси від початкового виявлення потреб ринку до кінцевого задоволення встановлених вимог. Типові етапи життєвого циклу продукції (процеси) схематично показані на рис. 1.7.



Рисунок 1.7 – Види діяльності, що впливають на якість (*петля якості*):
1–12 – етапи життєвого циклу продукції

Якість продукту, тобто наскільки він за своїми параметрами якості буде відповідати очікуванням споживача, залежить від якості виконання попередніх етапів його життєвого циклу. І чим раніше будуть скоректовані параметри якості, що закладаються у продукт, тим менше часу й коштів бу-

де потрібно для одержання кінцевого продукту із заданими параметрами якості. У той же час чим на більш пізньому етапі життєвого циклу продукту будуть скореговані параметри якості, тим більше коштів це зажадає. Досвід свідчить, що затрати на корегування при переході від одного етапу життєвого циклу до наступного змінюються на порядок. Ця зміна затрат одержала назву «правило 10-кратних затрат» (рис. 1.8).

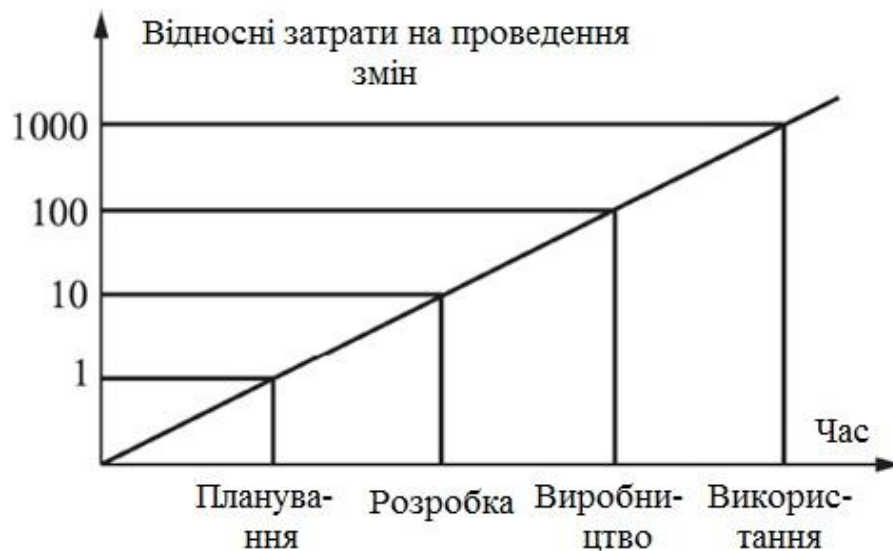


Рисунок 1.8 – Правило 10-кратних затрат

От чому японські фахівці говорять, що потрібно не виправляти брак, а не робити брак. Це значно дешевше, а виходить, вигідніше. Як показує практика, досить тільки частини непоправних затрат, які виробник втрачає на виправлення браку, для фінансування робіт з попередження браку й в остаточному підсумку на одержання продукту з очікуваними споживачем параметрами якості. При цьому поліпшення продукту на ранніх стадіях його життєвого циклу вимагає значно менше затрат, чим тоді, коли він виготовлений або, ще гірше, коли він уже на ринку. Саме цим пояснюється у великому ступеню порівняно низька собівартість японської продукції при високій її якості. Так, японські автомобільні компанії основні зміни вносять на початкових стадіях проектування й розробки дослідних зразків автомобілів і тільки незначну їхню частину – на стадіях, що безпосередньо передують масовому виробництву (за 1,5–2 місяці, як це видно з рис. 1.9).

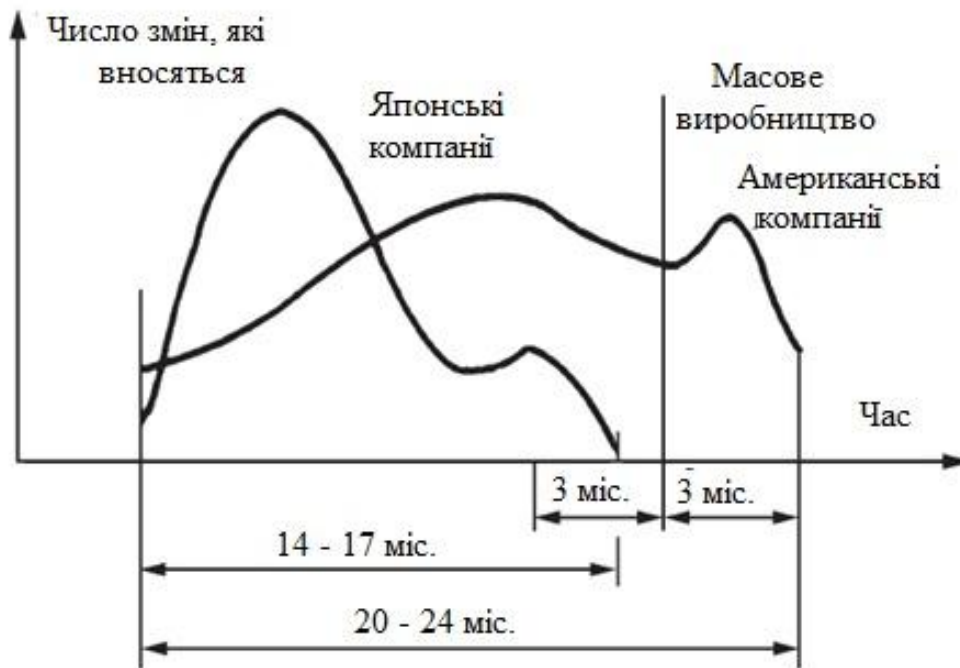


Рисунок 1.9 – Число внесених змін американськими і японськими автомобільними компаніями у часі

Американські компанії, навпаки, основні зміни вносять перед масовим випуском (за 1,5–2 місяці), через що залишається багато недоробок, які потім усуваються через 3–4 місяці після початку випуску, що призводить до збільшення не тільки 10-кратних затрат, але й загального часу (lead time), затрачуваного на задоволення запитів споживача (20–24 місяці проти 14–17 місяців у японських компаній). Це відбувається тому, що основні сили японського менеджменту спрямовані на стадію розробки та проектування, яка є головною, коли починають «поважати час і гроші».

1.5. Показники якості продукції

Галузь науки, що поєднує кількісні методи оцінки якості, використувані для обґрунтування рішень, прийнятих при управлінні якістю продукції та стандартизації, називається **кваліметрією**. Основні задачі кваліметрії – визначити номенклатуру необхідних показників якості виробів і їхні оптимальні значення, а також розробити методи кількісної оцінки якості,

створити методики обліку зміни якості в часі. У кваліметричній оцінці якості продукції розрізняють поняття «*властивості продукції*» і «*показники якості продукції*». Під *властивістю продукції* розуміється об'єктивна особливість продукції, що проявляється при її створенні й споживанні або експлуатації. У кожного виду продукції може бути дуже багато властивостей. Залежно від умов і обставин у виробі можуть виявлятися все нові й нові властивості. Серед усього різноманіття властивостей продукції можна виділити прості й складні. Прості властивості – це, наприклад, колір, маса виробу, термін служби, продуктивність. Прикладом складної властивості може служити надійність, яка містить у собі чотири прості властивості виробу: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість. Будь-яку властивість продукції можна характеризувати якісно або кількісно. Такі характеристики властивостей продукції називають її *ознаками або параметрами*. Прикладами якісних ознак продукції можуть служити колір матеріалу, форма виробу, наявність на поверхні деталі захисного покриття, спосіб з'єднання деталей (зварювання, склейка, клепка, згвинчування та ін.), спосіб настроювання або регулювання (ручний, автоматичний та ін.). Кількісна ознака або параметр продукції дає чисельну характеристику окремих властивостей. Так, хімічний склад матеріалу характеризує його структуру; кут заточення свердла, коефіцієнт форми зуба шестірні характеризують геометрію цих виробів; пробіг вантажного автомобіля до капітального ремонту, питома затрата пального, потужність двигуна свідчать про функціональні можливості автомобіля. Властивості (параметри) продукції по-різному визначають її споживчі можливості, її якість. Наприклад, геометричні розміри шарикопідшипника (діаметр кульок, жолобів та ін.) не характеризують його якість, а ресурс підшипника – навпаки. *Кількісна характеристика властивостей продукції, що обумовлює її якість, яка розглянута стосовно до певних умов її створення, експлуатації або споживання, називається показником якості продукції*. Класифікацію показників якості продукції наведено на рис. 1.10.

Принципи структурування системи показників якості за ступенем узагальнення властивостей продукції показано на рис. 1.11. Це – приклад побудови графа (дерева) показників якості будь-якого виду продукції. За сту-

пенем узагальнення властивостей продукції показники якості поділяються на одиничні, групові, комплексні й інтегральні.



Рисунок 1.10 – Класифікація показників якості

Одиничний – показник якості продукції, що характеризує одну з її властивостей. Комплексний – показник якості продукції, що описує декілька її властивостей. Укрупнення показників проводиться на основі синтезу показників від одиничного до інтегрального різних ієрархічних рівнів (див. рис. 1.11). Укрупнення за ієрархічною схемою (за вертикаллю) становить методичну основу синтезу з поступовим переходом комплексних показників (КП) відповідних рівнів у єдиний інтегральний показник K :

$$K = f(KP_i),$$

де KP_i – комплексні показники для групи властивостей $i = 1, \dots, n$.

Систему показників якості продукції, що характеризують її різні властивості, показано на рис. 1.12. Тут показано групи показників і найбільш характерні представники цих груп. Розглянемо основні особливості цих показників.

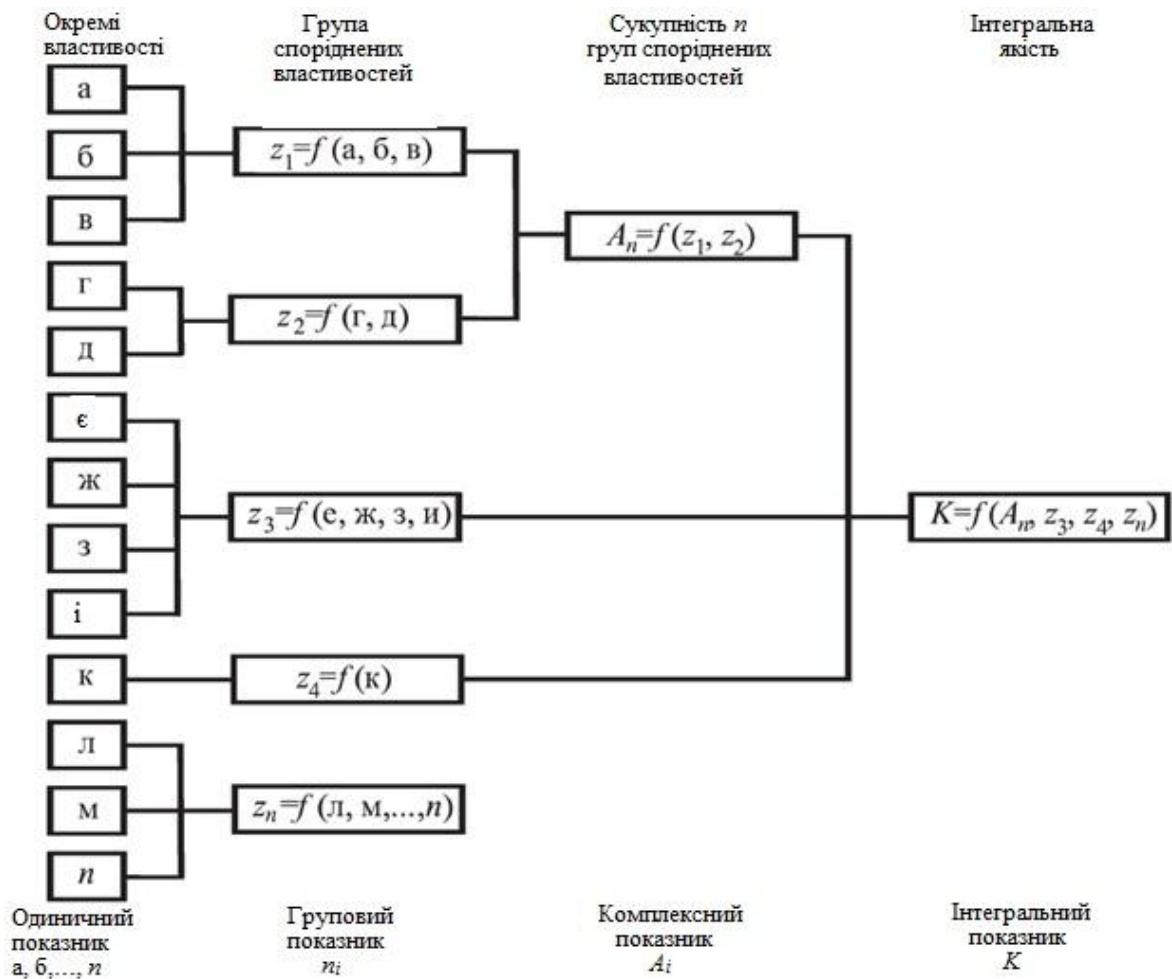


Рисунок 1.11 – Ієрархічна схема показників якості

Функціональні показники якості продукції

Для кожного технічного об'єкта (ТО) функціональні (споживчі, експлуатаційні, нормативні) показники є характеристиками основних споживчих властивостей ТО. Ці показники виявляють на основі опису функцій ТО. Оскільки функції ТО характеризуються всілякими показниками, то практично неможливо дати вичерпний перелік функціональних показників якості. У зв'язку із цим розглянемо тільки деякі найбільш часто діючі функціональні показники. Серед них можна виділити три групи показників (див. рис. 1.8): продуктивності, точності й надійності.

Показник продуктивності завжди може бути обміряний або обчислений. Структура формули для обчислення показника й одиниця виміру продуктивності можуть бути самими різними. Приклади, наведено у табл. 1.4.



Рисунок 1.12 – Показники якості продукції, що характеризують її властивості:
ТО – технічний об'єкт

Таблиця 1.4 – Приклади формул для розрахунків показника продуктивності

Найменування ТО	Структура формули
Електробритва	$1/T$
Чайник	V/T
Автомобіль	Gv
Токарний верстат	Mv
Млин	q
Двигун внутрішнього згорання	$M\omega$
Насос	Qh
Трансформатор	N

У формулах прийняті такі позначення: T – час; V – об'єм; G – вантажопідйомність; v – швидкість; M – момент на валу; ω – кутова швидкість; Q – затрата; h – висота підйому; N – потужність; q – вихід придатної продукції, кг/год.

Показник продуктивності являє собою інтегральний показник рівня розвитку техніки, який безпосередньо залежить від ряду параметрів, що впливають на продуктивність праці.

Ці параметри є ніби приватні функціональні показники; до них належать:

1) швидкість обробки об'єкта (число обертів або операцій в одиницю часу; швидкість руху робочих органів машини, транспортної машини, протікання хімічної реакції й т.п.);

2) фізичні й хімічні параметри (температура, тиск, напруга та ін.), які визначально впливають на інтенсивність перетворення об'єкта (предмета обробки);

3) ступінь механізації праці;

4) ступінь автоматизації праці;

5) безперервність процесу обробки. Визначимо показники п. 3–5, які на відміну від показників п. 1 і 2 є комплексними та залежать від багатьох факторів.

Показник механізації дорівнює відношенню механічної роботи, виконуваної тільки ТО, до всієї механічної роботи, здійснюваної сумарно ТО та людиною (колективом людей) при одержанні певної продукції.

Показник автоматизації дорівнює відношенню числа керуючих операцій, виконуваних тільки ТО, до загального числа керуючих операцій, реалізованих сумарно ТО та людиною при виготовленні конкретної продукції.

Показник безперервності процесу обробки, пов'язаний з одержанням певної готової продукції, дорівнює відношенню числа операцій, виконуваних з використанням безперервних процесів, до загального числа операцій із застосуванням безперервних і переривчастих процесів впливу на предмет обробки. Під безперервними процесами тут розуміються обертальні, поступальні й потокові рухи без істотного зниження швидкості або безупинна обробка; під переривчастими – зворотньо-поступальний рух, операції з остановами або перериваннями технологічного процесу при переході до наступної операції й т.п. Слід зазначити, що в основі показника безперервності процесу обробки лежить один з головних способів підвищення продуктивності праці.

Особливо наочне підтвердження ефективності безперервності процесу як засіб підвищення продуктивності праці одержав у роторних автоматичних лініях.

Показники точності містять у собі такі приватні показники точності: виміру, влучення в мету, обробки матеріалу або речовини, обробки потоку енергії, обробки потоку інформації. Для цих приватних показників є розвинені способи виміру й оцінки точності, які легко знайти в спеціальній літературі.

Показники надійності. Надійність є однією з основних властивостей продукції. Чим відповідальніше функції продукції, тим вище повинні бути вимоги до надійності. Недостатня надійність виробу приводить до більших затрат на ремонт і підтримки його працездатності в експлуатації. Надійність виробів багато в чому залежить від умов експлуатації: вологості, механічних навантажень, температури, тиску та ін.

Надійність – це властивість виробу (об'єкта) зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання, транспортування. Надійність виробу залежно від призначення й умов його застосування містить у собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість.

Безвідмовність – це властивість об'єкта безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або деякого наробітку. До показників безвідмовності відносяться: імовірність безвідмовної роботи; середній наробіток на відмову; інтенсивність відмов; параметр потоку відмов.

Довговічність – властивість виробу залишатися в працездатному стані до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту. У числі показників довговічності – ресурс між середніми (капітальними) ремонтами; середній термін служби і т.п.

Ремонтпридатність – властивість виробу, що укладається в пристосованості до попередження й виявлення причин виникнення відмов, ушкоджень і до підтримки та відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування та ремонтів. До показників ремонтпридатності належать: імовірність відновлення працездатного стану; середня трудомісткість ремонту й технічного обслуговування.

Збереженість – властивість виробу зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності протягом і після зберігання або транспортування.

Технологічні показники якості продукції

Оскільки в цьому розділі мова йде про показники якості продукції, а не процесів, за класифікацією розд. 1.4 далі будуть розглядатися технологічні технічні показники. Технологічні показники головним чином забезпечують *всебічну економію живої праці* при виготовленні ТО та підготовці останніх залежно від технологічних факторів, що знову ж вносить певну частку в економію живої праці. Можна виділити чотири основні технологічні показники.

Показник трудомісткості виготовлення ТО

Показник дорівнює відношенню сумарної трудомісткості T_c проектування, виготовлення та підготовки до експлуатації виробу до його головного показника ефективності Q , тобто являє собою питому трудомісткість виготовлення на одиницю одержуваної ефективності:

$$K_\tau = T_c / Q.$$

Головний показник ефективності Q вибирають з числа функціональних показників таким чином, щоб показник K_τ об'єктивно відтворював прогресивний розвиток розглянутих ТО. У табл. 1.6 наведено приклади вибору показника Q для різних ТО.

Таблиця 1.5 – Приклади показника ефективності ТО

Найменування ТО	Показник ефективності
Двигуни, генератори, трансформатори і т.п.	Потужність
Засоби транспорту	Маса вантажу, що перевозиться (кількість пасажирів) в одиницю часу
Екскаватори, прокатні стани та інші оброблювальні машини	Продуктивність
Автодорожні та залізничні мости	Корисне навантаження
Муфти, редуктори	Обертальний момент
Сільськогосподарські плуги	Ширина захвату
Зброя та артилерійські системи	Енергія кулі, снаряду

Показник технологічних можливостей

Кожний ТО, розроблений тільки з урахуванням функціональних і антропологічних критеріїв (вимог), може містити не більш п'яти типів елементів (агрегатів, вузлів, деталей):

A_c – стандартні або покупні елементи, одержувані в готовому виді;

A_y – уніфіковані елементи, запозичені з існуючих ТО;

A_{H_1} – оригінальні (нові) елементи, виготовлення яких не викликає ускладнень (вони можуть бути виконані на наявному устаткуванні), але вимагає розробки й відпрацювання технології їхнього виготовлення;

A_{H_2} – оригінальні елементи, виробництво яких викликає значні, але переборні труднощі (необхідні розробка нової технології з попереднім виготовленням складного технологічного оснащення, придбання дефіцитного устаткування й т.п.);

A_{H_3} – оригінальні елементи, виготовлення яких викликає принципові, поки непереборні труднощі (відсутнє в принципі або не може бути придбане потрібне технологічне устаткування або необхідні матеріали, потрібне попереднє проведення НДР і ДКР і т.п.). Показник технологічних можливостей, який повинен відображати простоту й принципову можливість виготовлення ТО, можна визначати формулою:

$$K_{T.M} = \varepsilon \frac{k_c A_c + k_y A_y + k_{H_1} A_{H_1} + k_{H_2} A_{H_2}}{A_c + A_y + A_{H_1} + A_{H_2} + A_{H_3}}, \quad (1.1)$$

де $\varepsilon = \begin{cases} 1, & \text{якщо } A_{H_3} = 0 \\ 0, & \text{якщо } A_{H_3} > 0 \end{cases}$, $k_c, k_y, k_{H_1}, k_{H_2}$ – вагові коефіцієнти, причому

$k_c = 1$, $k_c > k_y > k_{H_1} > k_{H_2}$ (наприклад, $k_y = 0,5$, $k_{H_1} = 0,2$, $k_{H_2} = 0,01$); A_c , A_y , A_{H_1} , A_{H_2} , A_{H_3} – відповідно кількість найменувань стандартних, уніфікованих і оригінальних елементів у ТО (під одним найменуванням може бути декілька однакових елементів).

На практиці широко використовують окремі випадки цього узагальненого показника: показник стандартизації, коли в чисельнику фор-

мули (1.1) береться A_c ; показник уніфікації, коли в чисельнику береться $A_c + A_{\text{тов}}$.

Показник використання матеріалів

Для виготовлення елементів ТО використовують різні природні матеріали, відлиті заготовки, сортовий і листовий прокат, труби різних профілів, спеціальні профільні заготовки (вали, кулі, шестірні й т.п.) та ін. В процесі обробки вихідного матеріалу та заготовок з'являються обрізки, стружка й інші відходи, у результаті чого маса готових деталей і, відповідно, ТО виходить менше маси витрачених матеріалів. У зв'язку із цим втрати, наприклад, чорних металів у машинобудуванні становлять 20–25%, відходи металу в стружку при обробці різанням – до 28%. У цілому коефіцієнт використання металу не перевищує 0,55. Оскільки частка відходів у більшій мірі залежить від технологічних процесів і технологічного устаткування, існує та діє технологічний показник використання матеріалів $K_{\text{в.м}}$, який дорівнює відношенню маси виробу G до маси витрачених матеріалів P , при цьому покупні комплектуючі елементи не враховуються:

$$K_{\text{в.м}} = G/P. \quad (1.2)$$

Якщо в ТО використовуються матеріали, що значно різняться за вартістю, при обчисленні показника $K_{\text{в.м}}$ рекомендується користуватися такими залежностями:

$$G_{\text{п}} = \sum_{i=0}^m k_i q_i; \quad (1.3)$$

$$P_{\text{п}} = \sum_{i=0}^m k_i p_i, \quad (1.4)$$

де $i = 0, 1, \dots, m$ – номери використовуваних різних матеріалів; q_i – маса i -ого матеріалу, використовуваного в ТО; k_i – ваговий коефіцієнт i -ого матеріалу (можна прийняти $k_i = c_i/c_0$, де $i = 0, 1, \dots, m$; c_i – вартість одиниці маси i -ого матеріалу; c_0 – вартість одиниці маси основного, найпоширені-

шого в даному ТО матеріалу); p_i – маса i -ого матеріалу, витраченого на виготовлення елементів ТО.

До технологічних показників відносяться також питома матеріалоемність, енергоємність, технологічна собівартість та ін.

Показники транспортабельності характеризують пристосованість продукції до транспортування без її використання або споживання. Основними показниками є: середня тривалість підготовки продукції до транспортування; середня трудомісткість підготовки продукції до транспортування; середня тривалість установки продукції на засіб транспортування певного виду і т.д. Найбільш повно транспортабельність оцінюється вартісними показниками, що дозволяють одночасно врахувати матеріальні та трудові затрати, кваліфікацію та число людей, зайнятих роботами із транспортування.

Економічні показники якості продукції

Показник затрат матеріалів

Всебічна економія матеріалів при розробці та виготовленні ТО викликана низкою факторів. До основних причин зменшення затрат матеріалу належать:

- зниження вартості ТО, оскільки вартість матеріалів у ТО становить 25–65% від їхньої собівартості;
- зниження транспортних і вантажно-розвантажувальних затрат під час перевезення вихідної сировини та матеріалів для виготовлення ТО й при транспортуванні готових ТО до місця їх використання;
- економія енергії при експлуатації ТО (таких, як транспортні машини, що обробляють та пристрої), у яких значна частина енергії витрачається на забезпечення поступального, зворотно-поступального, обертового й інших видів механічного руху. Показник затрат матеріалу K_M дорівнює відношенню маси технічної системи G до її головного показника ефективності Q :

$$K_M = G/Q, \quad (1.5)$$

тобто являє собою питому масу матеріалів на одиницю одержуваної ефективності. Показник ефективності Q вибирають відповідно до рекомендацій, наведених вище. Слід відзначити, що формула (1.5) у випадках використання в ТО матеріалів з вартістю, що значно різниться, виявляється малочутли-

вою до зміни маси дорогих матеріалів, які звичайно застосовують у невеликих кількостях. У таких випадках рекомендується визначати наведену масу G_{Π} у формулах (1.3), (1.4).

Показник витрат енергії

При виготовленні та (або) експлуатації ТО, як правило, витрачається певна кількість енергії. Оскільки задоволення зростаючих потреб людей звичайно жорстко обмежується наявними енергетичними можливостями, то зазначені витрати енергії завжди прагнуть звести до мінімуму. У зв'язку із цим існує й діє показник витрат енергії

$$K_e = \frac{W_{\Pi} + E}{TQ}, \quad (1.6)$$

де W_{Π} – повна витрата енергії за час експлуатації ТО; E – витрати енергії при виготовленні ТО; T – час експлуатації ТО. Формулу (1.6) рекомендується використовувати у випадках, коли величини W_{Π} і E порівняні. Для багатьох ТО $W_{\Pi} \ll E$. У таких випадках використовується більш проста формула показника:

$$K_e = W/Q, \quad (1.7)$$

де W – витрати енергії при експлуатації ТО в одиницю часу. Оскільки більшість конструктивних заходів щодо поліпшення показника K_e (формула (1.7)) зводиться до підвищення частки енергії, використаної безпосередньо для виконання корисної роботи, то в інженерній практиці широко використовують ще одну модифікацію показника витрати енергії, названу *коефіцієнтом корисної дії* (ККД). Ця модифікація показника дорівнює відношенню корисної роботи (енергії) W_0 до витраченої роботи (енергії) W :

$$K_{\eta} = W_0/W, \quad (1.8)$$

де K_{η} – ККД.

ККД якоюсь мірою можна назвати *окремим випадком показника* K_e (формула (1.7)), тим більше що, наприклад, для двигунів, генераторів, трансформаторів та інших ТО, що виробляють енергію, показник (1.8) дорівнює зворотній величині показника (1.7). Незважаючи на приватний характер критерію (1.8), він має самостійне значення й особливо зручний при розробці поліпшених (за енергетичними показниками) модифікацій ТО.

Показник витрат на інформаційне забезпечення

Останнім часом у зв'язку із широким використанням обчислювальної техніки з'явилися й зросли затрати на підготовку й обробку інформації при створенні й експлуатації багатьох ТО. Ці затрати стають порівнянними з витратами на матеріали й енергію, а прибутки від них швидко зростають. У зв'язку із цим виникла необхідність введення показника витрат на інформаційне забезпечення у вигляді відношення:

$$K_{i,3} = S/Q, \quad (1.9)$$

де S – витрати на підготовку й обробку інформації, що включають у себе вартість або експлуатацію обчислювальної техніки, розробку (або оренду) програмного й інформаційного забезпечення і т.п.

Показник габаритних розмірів ТО

Зниження габаритних розмірів ТО і їхніх елементів пов'язане в першу чергу з:

- зменшенням площі й обсягу будинків і приміщень, у яких постійно або тимчасово перебувають ТО;
- зменшенням площі землі, займаної безпосередньо ТО або будинками, у яких перебувають ТО;
- збільшенням корисного обсягу в ТО типу літальних і космічних апаратів, судів, підводних човнів і т.п.;
- скороченням витрат із захисту ТО (витрати на матеріал корпусу, кожухи, чохли, лакофарбові покриття й т.п.) і догляду за ними;
- зниженням витрат з транспортування ТО.

Все перераховане несе певні вигоди. Показник габаритних розмірів дорівнює відношенню основних габаритних розмірів технічного об'єкта V до його ефективності:

$$K_T = V/Q. \quad (1.10)$$

Якщо найбільш важливим є зниження об'єму ТО, то $V = LBH$; якщо зниження займаної площі представляється більш важливим показником, чим об'єм, то $V = LB$; якщо найбільш значимим з габаритних параметрів є зменшення деякого лінійного розміру, то $V = L$ (L , B , H – відповідно довжина, ширина й висота ТО). За ефективність Q приймають ті ж показники, що й у показнику використання матеріалів.

Антропологічні показники якості продукції

Ці показники характеризують зручність і безпеку використання продукції людиною, ступінь її естетичності й впливу на навколишнє середовище.

Показник ергономічності ТО

Ефективність багатьох ТО в значній мірі залежить від того, наскільки вони пристосовані до психо-фізіологічних якостей людини-оператора, що використовує цей ТО або керує ним при впливі на предмет обробки, тобто наскільки в системі «людина–машина» використані фізичні, психічні й інтелектуальні можливості людини. Властивість системи «людина–машина» змінювати свою ефективність залежно від ступеня використання можливостей людини-оператора називають *ергономічністю*. Ефективність ТО при цьому, в першу чергу, виражається через функціональні показники якості ТО, наприклад, продуктивність, надійність, точність та ін. Показник ергономічності для конкретного ТО дорівнює відношенню реалізованої ефективності системи «людина-машина» до максимально можливої ефективності цієї системи. Методика обчислення показника ергономічності, запропонована в роботі. Показник ергономічності можна інтерпретувати як ККД людини в системі «людина–машина», тим більше що границя й характер зміни значень цього критерію такі ж, як у енергетичного ККД.

Естетичні показники характеризують інформаційну виразність, раціональність форми, цілісність композиції, досконалість виробничого виконання. Оцінка естетичних показників якості конкретних виробів проводиться експертною комісією. За критерій естетичної оцінки ухвалюється ранжований (еталонний) ряд виробів аналогічного класу та призначення, що складається експертами на основі базових зразків.

Показники безпеки ТО

Багато ТО, та продукція, що також випускається ними, і використовувана ними сировина здійснюють або можуть здійснювати на працюючих і оточуючих людей різні шкідливі або небезпечні впливи, що призводять до тимчасових або постійних ушкоджень організму або навіть до смертельного результату. Показник безпеки покликаний понизити або виключити шкідливі й небезпечні впливи ТО на оточуючих людей на всіх етапах використання ТО. Показник безпеки ТО можна визначати за формулою:

$$K_6 = \sum_{i=1}^n \beta_i \gamma_i \frac{S_i}{S_i^H}, \quad (1.11)$$

де n – кількість шкідливих і небезпечних факторів; β_i – ваговий коефіцієнт i -ого фактору, який вибирають відповідно до градації за вагою шкідливих і небезпечних впливів ТО за умови, що $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$; γ_i – ваговий коефіцієнт шкідливого або небезпечного фактору, який приймає такі значення: $\gamma_i = 1$ при $S_i = S_i^H$; $\gamma_i = 1/\min(\beta_i)$ при $S_i > S_i^H$, якщо β_i задане інтервалом; S_i – величина i -ого шкідливого або небезпечного фактору, викликаного ТО (це може бути ймовірність легкої або важкої травми, рівень радіації, звукове або вібраційне навантаження, концентрація отруйних речовин у повітрі і т.п.); S_i^H – нормативне (гранично припустиме) значення i -ого шкідливого або небезпечного фактору (будемо так задавати значення величин S_i , S_i^H , щоб завжди мати $S_i^H > 0$, а припустиме значення $S_i \leq S_i^H$). Для кожного нового класу ТО потрібні спеціальні дослідження й обґрунтування для вибору сукупності факторів S_i , їхніх нормативних значень S_i^H і вагових коефіцієнтів β_i . Легко бачити, що за умови непорушення нормативів, коли всі $S_i \leq S_i^H$, показник K_6 приймає значення $0 \leq K_6 \leq 1$. При порушенні кожного з нормативів одержуємо $K_6 > 1$ і, якщо порушення пов'язане з фактором, що має відносно велику вагу β_i , то $K_6 \gg 1$.

Екологічні показники характеризують рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище, що виникають при експлуатації або споживанні продукту. Облік екологічних показників повинен забезпечити обмеження надходжень у природне середовище промислових, транспортних і побутових стічних вод і викидів для зниження надходжень забруднюючих речовин в атмосферу, що не перевищують гранично припустимих концентрацій, збереження й раціональне використання біологічних ресурсів і т.п. До екологічних показників належать надходження шкідливих домішок, що викидаються в навколишнє середовище; імовірність викидів шкідливих часток, газів, випромінювань при зберіганні, транспортуванні, експлуатації або споживанні продукції.

Показник екологічності або *показник збереження навколишнього середовища* повинен регулювати взаємовідносини між природою та ТО з позицій комфортності й можливості життя людей. Показник екологічності в загальному вигляді можна виразити залежністю

$$K_{\text{ек}} = (S_{\text{н}} + S_{\text{к}}) / S_0, \quad (1.12)$$

де $S_{\text{н}}$ – площа території (суші та води), на якій за одним або декількома факторами є *неприпустимі* (вище норми, але нижче критичних) забруднення або зміни; $S_{\text{к}}$ – площа території, де за одним або декількома факторам є *критичні* забруднення й зміни, що роблять життя людини смертельно небезпечним або неможливим; S_0 – уся площа країни (або регіону, що цікавить, області і т.п.), яка повинна бути постійною величиною.

До факторів забруднення й зміни середовища належать:

- сторонні домішки, внесені в атмосферу, воду й землю у вигляді *нових* речовин, фізичних полів і впливів; різні гази й пил, що виділяються заводами й транспортними засобами; забруднення води й землі промисловими викидами, пестицидами; радіоактивне, шумове й теплове забруднення середовища, а також багато чого іншого;
- зміни в неживій природі у вигляді відхилень від *природньої норми* концентрації речовин, характеристик фізичних полів і впливів, рельєфу та структури поверхні землі та ін.;

• зміни в живій природі у вигляді відхилень від природньої норми кількості особ існуючих видів на одиницю площі, зникнення існуючих видів або поява нових. До початку XIX ст. відношення (1.12), по суті, не діяло як регулюючий фактор при створенні нових ТО. В XIX ст. його дія поступово зростала, а в першій половині XX ст. стала прискорено рости, і це прискорення зросло останнім часом, особливо через складову S_k . У цей час, власне, і виникла проблема охорони навколишнього середовища та почали вводити відповідне законодавство. Слід зазначити, що твердий вплив показника $K_{ек}$ не має на увазі абсолютного припинення небажаних забруднень і змін природи, оскільки найперші потреби зростаючого народонаселення не можна задовольнити без таких змін. Цей показник, у першу чергу, повинен впливати на вибір засобів мінімального впливу на природу, на серйозне обґрунтування нормативів забруднення та зміни середовища, порушення яких приносить незрівняно більшу шкоду в порівнянні з користю або взагалі неприпустимо. Під засобами мінімального впливу на природу розуміється також широке використання компенсаційних заходів, які забезпечують у цілому зменшення або стабілізацію показника $K_{ек}$. Наприклад, одночасно зі створенням тих ТО, що цікавлять, і що підвищують показник екологічності, виключають деякі існуючі ТО або проводять спеціальні заходи щодо відновлення природи і т.п. Роль цього показника постійно зростає, тому що збільшується ступінь забруднення навколишнього середовища, і людство вже усвідомило глобальний характер цієї проблеми і її важливість для своєї долі. Навіть невелика локальна зміна навколишнього середовища може вплинути на його стан в інших частинах планети й виявитися «останньою краплею», що викличе незворотні наслідки, оскільки компенсаційні можливості навколишнього середовища близькі до межі.

Патентно-правові показники характеризують ступінь відновлення технічних рішень, використаних у продукції, їх патентний захист, ступінь правомірності (з погляду державного законодавства та корпоративних відносин) випуску певної продукції виробником. До патентно-правових належать показники: патентного захисту, патентної чистоти, територіального поширення, наявності, якщо буде потреба, ліцензій на випуск певної продукції, її продаж, експлуатацію, обслуговування. Патентно-правові показники є істотним фактором при визначенні конкурентоспроможності продукції.

Базовими (еталонними) значеннями показників якості, що потрібні для оцінки його рівня, теоретична кваліметрія рекомендує вважати кращі у світі на той момент значення показника відповідної властивості. Такий же підхід рекомендується й при виборі бракувальних (гранично припустимих) значень показників властивостей. Бракувальні значення показників повинні вибиратися з урахуванням умов виробництва й використання продукції. Для забезпечення порівнянності значень *абсолютних* показників Q (приведення їх до однакового масштабу й вираження їх в однакових одиницях виміру) слід перевести їх у *відносні* показники K за допомогою операції нормування:

$$K_{ij} = (Q_{ij} - q_i^{\text{бр}}) / (q_i^{\text{ет}} - q_i^{\text{бр}}), \quad (1.13)$$

де i – номер властивості; j – номер оцінюваного об'єкта; $q_i^{\text{ет}}$ і $q_i^{\text{бр}}$ – відповідно еталонне й бракувальне значення показників властивості.

Зрозуміло, що $0 \leq K_{ij} \leq 1$. Це виражає лінійну залежність між функцією K й аргументом Q . Насправді залежність між цими величинами звичайно буває нелінійною, і її лінійна форма приймається з міркувань більшої простоти розрахунків. Однак нерідко в практичних методиках оцінювання якості допускають різні відступи від наведеної вище формули (що, природно, має своїм слідством збільшення похибки у розрахунках). Ці відступи можуть носити одиничний характер або представляти деякі комбінації з одиничних відступів, наприклад:

1) не враховують такі компоненти формули, як еталонне $q_i^{\text{ет}}$ і бракувальне $q_i^{\text{бр}}$ значення;

2) для властивостей того самого об'єкта використовують два зовсім різні види залежності: лінійну при $Q_{ij} < q_i^{\text{ет}}$ ($K_{ij} = Q_{ij} / q_i^{\text{ет}}$) і нелінійну (гіперболічну) при $Q_{ij} > q_i^{\text{ет}}$ ($K_{ij} = q_i^{\text{ет}} / Q_{ij}$).

Ясно, що використання двох різних типів залежності не має під собою ніякого логічного обґрунтування. Відносними показниками якості називають також відношення споріднених показників, один з яких, що

розташовується в чисельнику, є частиною іншого. Такі показники вказують на те, яку частину від загального показника становить один з його додатків. Прикладами відносних показників служать відносні значення показників технологічності продукції:

- відносна трудомісткість виготовлення й/або експлуатації:

$$T_{\text{в.в.р}} = \frac{T_{\text{в.р}}}{T}, \quad (1.14)$$

де $T_{\text{в.р}}$ – трудомісткість по видах виконуваних робіт (наприклад, трудомісткість заготівельних робіт, трудомісткість профілактичного обслуговування й т.п.); T – трудомісткість виготовлення й/або експлуатації;

- відносна собівартість виготовлення й/або експлуатації:

$$C_{\text{в.в.р}} = \frac{C_{\text{в.р}}}{C}, \quad (1.15)$$

де $C_{\text{в.р}}$ – собівартість по видах робіт (наприклад, сумарна собівартість ремонтів, сумарна собівартість профілактичного обслуговування й т.п.); C – технологічна собівартість виготовлення. Такі показники використовують не для оцінювання рівня якості продукції, а для аналізу й удосконалювання окремих показників якості.

1.6. Показники якості процесів

Визначення процесу наведено у розд. 1.2. На схемі 1 (рис. 1.13) показана сама загальна структура процесу, незалежна від конкретного об'єкта та сфери використання, яка може розглядатися стосовно до будь-якої стадії життєвого циклу продукції або функції управління, або до підприємства, компанії в цілому. Більше того, вона інваріантна до галузевої специфіки конкретного сектору економіки. В основі сучасних методів управління якістю лежить процесний підхід, коли управління якістю здійснюється шляхом управління процесами створення й використання продукції (див. рис. 1.7), у яких якість продукції формується й проявляється. Як було сказано вище,

управляти якістю продукції та процесів можна зміною їхніх кількісних характеристик або показників якості. Різноманітність, складність процесів формування і прояву якості продукції ускладнюють створення системи конкретних показників якості цих процесів. Щоб полегшити вирішення цієї задачі в конкретних умовах, необхідно прийняти принципову структуру цих показників. При цьому може бути використаний підхід, запропонований у роботі. Для визначення якості процесів слід сформулювати структуру показників (критеріїв), що дозволяють оцінювати всі зазначені вище елементи *входу* та *виходу* будь-якого процесу. Для цього виділимо *чотири області вимірів входів і виходів процесів* (див. рис. 1.13), які можуть бути конкретизовані, наприклад, за допомогою таких показників:

- *якості* – продуктивність, потужність, ступінь якості послуги, рівень відповідності або невідповідності вимогам і т.п.;
- *кількості* – тони, метри, обсяги, умовні одиниці, перелік надаваних послуг і т.п.;
- *витрат* – витрати ресурсів, витрати на керування, бюджет процесу, собівартість, ціна;
- *часу* – швидкість відповіді на запит, тривалість циклу, час і точність поставки в строк і т.п. Далі визначимо *чотири типи показників виміру якості й ефективності процесів* (за перерахованими показниками), які можуть виражатися у відносних одиницях, балах або відсотках:

- *результативність*

$$P_a = \frac{\text{Фактичний вихід}}{\text{Плановий вихід}};$$

- *ефективність*

$$E_a = \frac{\text{Фактичний вихід}}{\text{Використані ресурси}};$$

- *продуктивність*

$$P_a = \frac{\text{Фактичний вихід}}{\text{Оцінка об'єму людських ресурсів}};$$

- *цінність, додану цінність* (ДЦ)

$$\Pi_a = \frac{\text{Вартість продукту на вході } B_1}{\text{Вартість продукту на виході } B_2},$$

$$\text{ДЦ} = B_2 - B_1.$$

Індекс *a* означає загальний вид показника. Застосування цього підходу дозволяє одержати певну структуру оціночних показників будь-якого процесу, яка утворює матрицю з 16 елементів (4×4).



Рисунок 1.13 – Схеми процесів і показників їхньої якості:
НД – нормативна документація

1.7. Показники задоволеності споживача

Структура споживачів організації показана на рис. 1.14. Розглянемо докладніше склад споживачів і їхні відносини з організацією.

Внутрішніх споживачів можна розділити на три групи:

1) *внутрішні користувачі* внутрішніх продуктів організації (інформаційної системи, служб підбору, підготовки й перепідготовки кадрів і т.п.);

2) *користувачів організації*, що служать, прагнуть одержати моральне та матеріальне задоволення від роботи. При цьому вони враховують умови праці, взаємини з керівництвом і колегами, перспективи кар'єрного росту, рівень винагороди та інші фактори та порівнюють їх з такими ж умовами в інших організаціях;

3) *користувачі результатів* бізнесу організації. Ними є й службовці самої організації і її постачальники, і її власники. Останніми можуть бути

як приватні особи (окремі власники або акціонери), так і представники держави. Усі вони зацікавлені у розвитку бізнесу організації, росту її та своїх доходів.

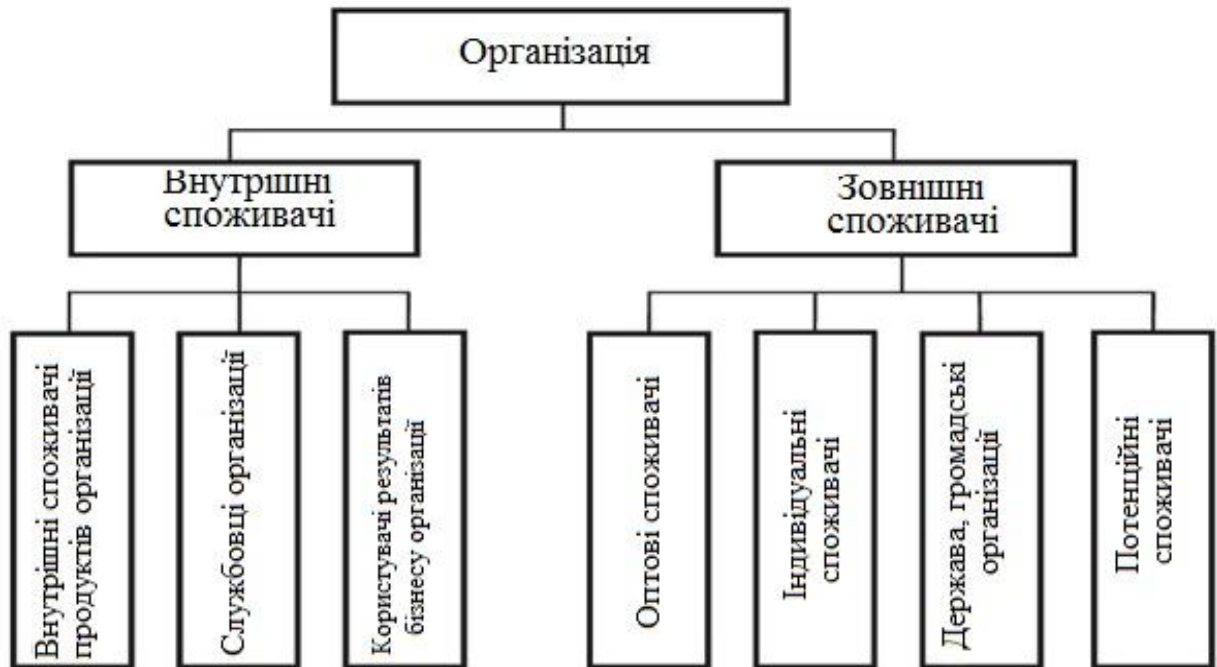


Рисунок 1.14 – Споживачі продукції (послуг) організації

Зовнішні споживачі можуть розділятися на чотири основні групи:

1) *оптові споживачі*, до яких належать підприємства торгівлі, дистриб'ютори, дилери, інші організації, що одержують комплектуючі від цієї організації. Вони висувають вимоги не тільки до якості продукції організації, але й до ритмічності поставок, умов укладання договорів, рівню сервісу й т.п.;

2) *індивідуальні споживачі*, що купують продукцію безпосередньо в організації. Для них поряд з якістю й ціною продукції важливі умови покупки, рівень обслуговування, сервіс продукції й т.п.;

3) *держава, громадські організації*, що очікують від цієї організації росту числа робочих місць, надходження податків, дотримання законодавства, участі у соціальних проектах регіону й т.п.;

4) *потенційні споживачі* продукції організації, що купують у цей час продукцію її конкурентів. Організації корисно знати думку цієї групи про

свою продукцію. Це дозволить організації вжити ефективних заходів для розширення своєї частки ринку. Споживачі можуть бути згруповані й за іншими ознаками: виду продукції, приналежності до регіону світу, країни (вітчизняні й закордонні), регіону країни, обсягу споживаної продукції й т.п. Згрупування споживачів може здійснюватися одночасно за двома і більше ознаками. Наприклад, оптові споживачі, що закуповують один вид продукції, можуть бути згруповані ще й за країною проживання. Для вдосконалювання роботи організація повинна оцінювати задоволеність усіх своїх споживачів. Однак для підвищення конкурентоспроможності своєї продукції, розвитку бізнесу для неї особливо важливо знати відношення до своєї продукції її оптових, індивідуальних і потенційних споживачів. Задоволеність цієї групи споживачів оцінюється в основному за такими характеристиками роботи організації: якістю продукції, процесом взаємодії зі споживачами (легкості доступу до інформації про продукцію і її придбання; умовами в офісі або магазині, де проводиться оформлення покупки; уважністю й кваліфікацією персоналу й т.п.), процесами поставки, перед- і після продажної підготовки продукції, її гарантійному й післягарантійному обслуговуванню, вартості продукції. Зазначені характеристики мають об'єктивні й суб'єктивні оціночні показники.

До об'єктивних показників належать:

- *якість продукції: її функціональні характеристики, надійність (кількість ремонтпридатних відмов за термін служби), довговічність (термін служби), бездефектність, екологічність (обсяг забруднень, створюваних продукцією), безпека;*
- *процеси взаємодії зі споживачем: час надання інформації після запиту, термін оформлення договору про поставку;*
- *поставки: оперативність (строки поставки після укладання договору), ритмічність (дотримання інтервалу часу між черговими поставками), здатність здійснювати поставки у необхідному обсязі;*
- *процеси перед- і після продажної підготовки продукції: її наявність, оперативність, якість, навчання споживача правильній експлуатації продукції;*
- *процеси гарантійного й післягарантійного обслуговування: наявність цих видів обслуговування, їхня оперативність і якість (кількість дефектів після обслуговування).*

- якість продукції: естетичні властивості, ергономічність (зручність експлуатації);
- процеси взаємодії зі споживачем: уважність; ретельність; кваліфікація; ввічливість представників організації, що працюють зі споживачем; зручність спілкування (наявність різних видів зв'язку, комфортність обстановки в офісі або магазині, доступність персоналу організації й т.п.);
- процес поставки: адаптивність (здатність організації швидко реагувати на зміну вимог споживача);
- процеси перед- і після продажної підготовки продукції: зручність для споживачів умов її виконання;
- процеси гарантійного й післягарантійного обслуговування: зручність для споживачів умов обслуговування (доступність, мінімізація участі споживача, комфортність обстановки й т.п.). Сукупність об'єктивних і суб'єктивних оцінок діяльності організації формує у споживача загальну оцінку задоволеності результатами роботи організації. Для успішного та сталого розвитку організація повинна постійно мати інформацію про ступінь задоволеності споживачів різними аспектами її діяльності, що визначається шляхом опитувань споживачів або їх анкетування найчастіше методом бальної оцінки. При цьому враховуються важливість для споживача різних аспектів діяльності організації (компонентів дерева діяльності) і ступінь задоволеності цими компонентами. Різним рівням важливості та задоволеності привласнюють бали й підраховують середній бал для всіх опитаних споживачів. Докладніше методику бальної оцінки показників задоволеності споживачів розглянуто в роботі. При виробленні оцінки ступеня задоволеності тим або іншим результатом діяльності організації споживач в думках порівнює очікувані й фактичні значення (рівні й т.п.) цього результату. Якщо мова йде про якість продукції, то задоволеність споживача CS (customer's satisfaction) залежить від співвідношення цінності V продукту для споживача і його вартості B :

$$CS = V/B. \quad (1.16)$$

З урахуванням іміджу організації залежність (1.16) здобуває вигляд:

$$CS = K_i V / B, \quad (1.17)$$

де K_i – коефіцієнт іміджу. Коефіцієнт K_i визначається шляхом опитування споживачів і обчислюється методом рангової кореляції. Розповсюдженим критерієм задоволеності споживача при порівнянні аналогічних продуктів різних виробників є відношення ціна/якість.

1.8. Значення підвищення якості

У сучасному світі переважає бачення якості як однієї з фундаментальних категорій, що визначають спосіб життя, соціальну й економічну основу для успішного розвитку людини та суспільства. Виходячи із цього, підвищення якості має економічний, психологічний і соціальний ефекти. У високій якості зацікавлені всі члени суспільства, виробники й споживачі продукції, держава в цілому. Значення поліпшення якості для них показано на рис. 1.15. Ефект від підвищення якості продукції має різноманітні форми вираження: пряму економію матеріалів і енергії, одержання більшої кількості продукції на одиницю витрат праці, зниження собівартості й зростання прибутку, прискорення оборотності обігових коштів, а також економічний і соціальний розвиток підприємства. Висока якість продукції, що випускається й використовується в машинобудуванні проявляється в тому, наскільки вона задовольняє потреби людей і дозволяє заощаджувати ресурси при виконанні робіт і т.п. Висока якість виробів сприяє підвищенню престижу підприємства-виробника й держави, поліпшує моральний клімат на виробництві та у суспільстві. Низький рівень якості виробів, навпаки, стає джерелом чималих труднощів і навіть проблем не тільки у виробничій діяльності, але й при експлуатації, у торгівлі й, нарешті, у побуті. Якість будь-якої продукції за визначенням характеризує придатність (здатність) задовольняти певні потреби людей. Тому проблема якості тісно пов'язана з таким людським фактором, як його потреби. Економічна потреба – це не суб'єктивне бажання або примха людей, а об'єктивна необхідність окремих особистостей і суспільства в цілому у всьому тому, що забезпечує їхню життєдіяльність і розвиток в умовах обмеженості сировинних, енергетичних, трудових і інших ресурсів.

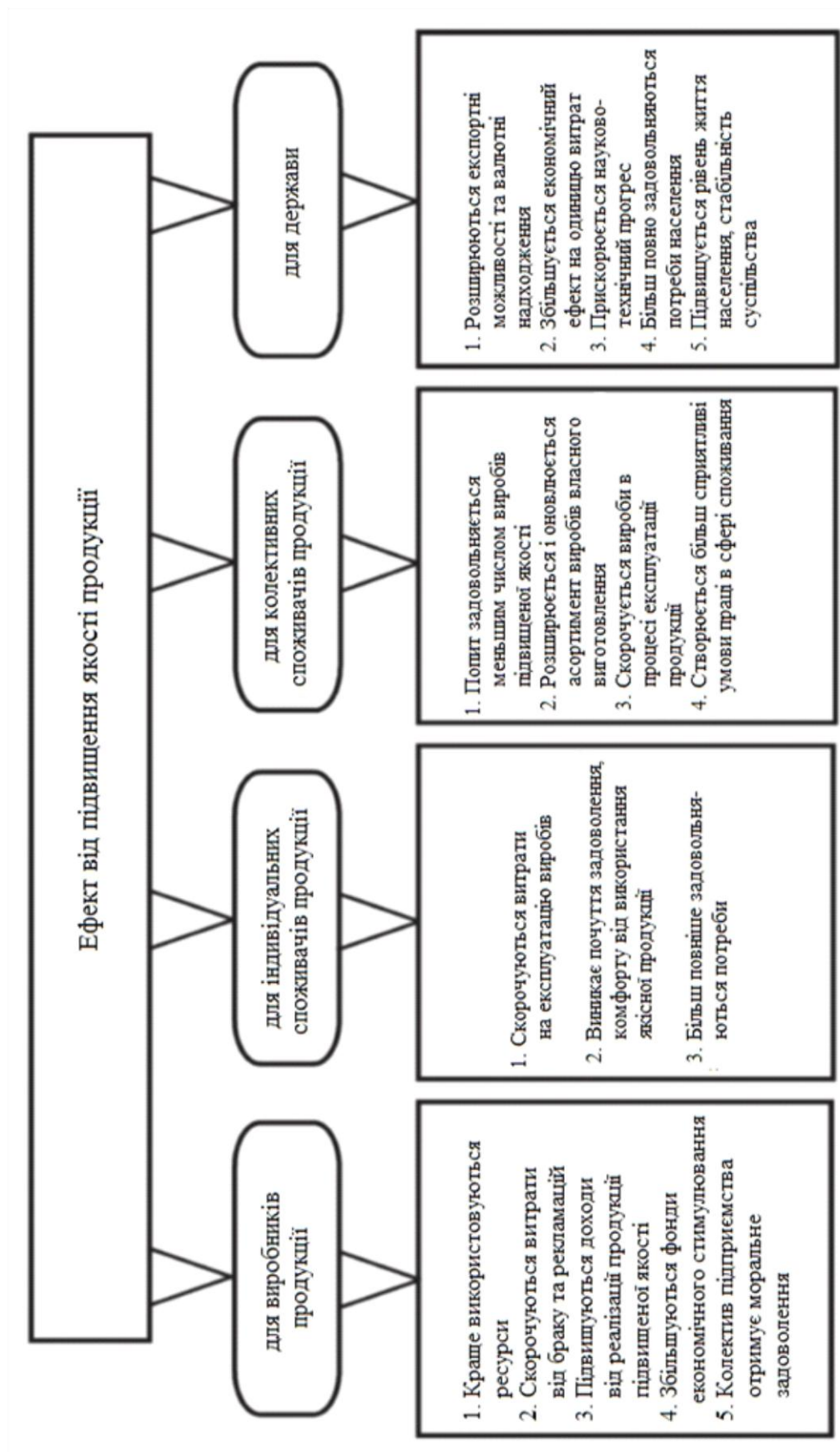


Рисунок 1.15 – Ефект від підвищення якості

Тому висока якість продукції, зокрема, й машинобудівної, виражається, насамперед, у збільшенні ступеня (рівня) задоволення потреби в ній, відповідної до призначення. Крім того, підвищення якості, наприклад, технічних виробів проявляється в економії праці, коштів і ресурсів. В економічних відносинах якість продукції, в тому числі і якість машини, призначеної задовольняти потреби, проявляється, в першу чергу, через її корисність, якій відповідає споживча вартість. К. Маркс з цього приводу писав, що якщо вона (реч) марна, то й витрачена на неї праця марна, не вважається за працю й тому не утворює ніякої вартості. Корисність речі робить її споживчою вартістю. Оскільки якість є сукупність властивостей, що обумовлюють здатність продукції задовольняти певну потребу, то слід мати на увазі цілком конкретну потребу і у певних умовах споживання. Відомо, що потреби людей мають конкретно-історичний характер. З розвитком виробничих сил і виробничих відносин, з підвищенням матеріального й духовного рівня життя людей розбудовуються й розширюються їхні потреби. Різні рівні потреби, а також відмінності в умовах споживання (використання, експлуатації) даної продукції визначають відносний характер рівня якості певної продукції. Вироби, що мають високий рівень якості в певний час, не задовольняють того ж споживача в більш пізні часи. Це закономірний процес.

Як відзначалося вище, створення й застосування такої продукції, як машини, обумовлюються насамперед потребою в економії праці, тобто в рості продуктивності праці, Яку іноді називають *«першою й безмежною» потребою суспільства*. Під економією праці, звичайно ж, слід розуміти економію як живої (безпосередньої), так і минулої праці. Машини повинні не тільки підвищувати продуктивність праці, але й значно полегшувати та здешевлювати її. Тому в числі показників технічного рівня (рівня якості) машин є чимало значимих фінансово-економічних, тобто вартісних показників, як процесу створення, так і експлуатації машин. Висока якість виробів необхідна не тільки для того, щоб вони могли виконувати властиві їм функції, але й для того, щоб, ставши товаром, вони в найбільшій мірі задовольняли споживача за умови обмежених можливостей придбання даного товару. Оскільки продукція майже завжди призначена для реалізації, то при купівлі-продажу якість товару є визначальним чинником цього ринкового процесу й, отже, усієї практичної економіки, яка складається, як відомо, із

виробництва, розподілу (реалізації) і споживання (експлуатації машин і іншої техніки). Підвищення якості виробів, наприклад техніки, вигідно й виробникові, і споживачеві. У виробника при поліпшенні якості продукції затрати Z_v збільшуються менше, чим зростає ціна C даного товару, а відомо, що прибуток виготовлювача

$$\Pi_v = (C - Z_v)V,$$

де V – обсяг продажів, тобто кількість реалізованої продукції (товару).

Прибуток споживача Π_c залежить від вартості B роботи, зробленої за допомогою даного екземпляра техніки, за винятком його ціни й затрат споживача Z_c при експлуатації. Отже,

$$\Pi_c = B - (C + Z_c),$$

де $(C + Z_c)$ є загальні (сумарні) затрати споживача $Z_{c.заг}$. Загальний економічний ефект у виготовлювача й споживача становить:

$$E = \Pi_v + \Pi_c = (C - Z_v) + (B - (C + Z_c)).$$

Підвищення якості машини з Y_1 до Y_2 доцільно, якщо

$$(C_1 - Z_{v_1}) \geq (C_2 - Z_{v_2}),$$

тобто ріст ціни машини повинен перевищувати збільшення витрат на виробництво більш якісної машини.

Попит на більш якісну продукцію, як правило, більше, а при збільшенні обсягу продажів з V_1 до V_2 загальний прибуток виробника Π_v зростає з

$$\Pi_{v_1} = (C_1 - Z_{v_1})V_1$$

до

$$\Pi_{B_2} = (\Pi_2 - B_{B_2})V_2,$$

тобто

$$\Pi_{B_2} > \Pi_{B_1}.$$

Щось подібне відбувається й у споживача більш якісної техніки. По-перше, загальна вартість виконаних робіт збільшується з B_1 до B_2 . По-друге, ціна високоякісного виробу

$$\Pi_2 > \Pi_1,$$

але затрати споживача, що експлуатує більш якісну техніку, набагато менші:

$$Z_{c_2} \leq Z_{c_1}.$$

У підсумку одержуємо, що

$$\Pi_{c_2} > \Pi_{c_1}.$$

Для пояснення суті економічних ефектів від підвищення якості технічних виробів і дії розрахункової формули (1.18) розглянемо умовний приклад. Нехай ціна виробу якості A дорівнює 200 гр. од., а затрати на його виготовлення – 100 гр. од. Отже, прибуток виготовлювача від продажу цього виробу

$$\Pi_{B_1} = (\Pi - Z_B) = 200 - 100 = 100 \text{ гр. од.}$$

Нехай також у споживача цей виріб виконує роботу, оцінювану в 900 гр. од., а затрати на експлуатацію становлять 600 од. У підсумку при якості Y_1 споживач дістає прибуток

$$\Pi_{c_1} = (B - (\Pi + Z_c)) = 900 - (200 + 600) = 100 \text{ гр. од.}$$

Загальний економічний ефект, обчислений за формулою (1.18), буде

$$E_1 = \Pi_{B_1} + \Pi_{c_1} = 100 + 100 = 200 \text{ гр. од.}$$

Якщо аналогічний виріб, тобто виконуючий ті ж функції, має більш високу якість $Я_2$, то ціна його більше, ніж ціна виробу якості $Я_1$, і нехай буде дорівнювати не 200, а 400 гр. од. Підвищення якості супроводжується збільшенням виробничих затрат пропорційним ціні, і в нашому випадку затрати нехай дорівнюють 200 гр. од. Отже,

$$\Pi_{в2} = 400 - 200 = 200 \text{ гр. од.}$$

При $Я_2$ показник $З_2$ збільшується й нехай дорівнює 1000 гр. од., а затрати на експлуатацію знижуються з 600 до 400 гр. од. У цьому випадку

$$\Pi_{с2} = 1000 - (400 + 400) = 200 \text{ гр. од.}$$

Сумарний, або загальний, економічний ефект від підвищення якості відповідно до формули (1.18) складе:

$$E_2 = \Pi_{в2} + \Pi_{с2} = 200 + 200 = 400 \text{ гр. од.}$$

Отже, при підвищенні якості $E_2 > E_1$, причому поліпшення якості виробів виявляється вигідним і виготовлювачеві, і споживачеві, і, отже, суспільству в цілому.

Вище викладене стосовно виготовлювача (виробника) техніки можна проілюструвати графіками (рис. 1.16).

В умовах ринкової економіки кожний виробник і споживач техніки самостійно вирішують питання про доцільність підвищення якості й зниження витрат на виготовлення продукції. Використовуючи наведені принципи залежності, фахівці підприємства роблять необхідні розрахунки, а керівник ухвалює рішення щодо підвищення якості продукції з урахуванням росту її ціни й попиту на неї при певних комбінаціях «якість—ціна». Досвід розвинених країн, особливо Японії, показує, що ріст якості продукції можливий і при зменшенні її ціни Ц за рахунок зниження $З_в$. Це гарантує різке збільшення попиту й прибутку виготовлювача та споживача.

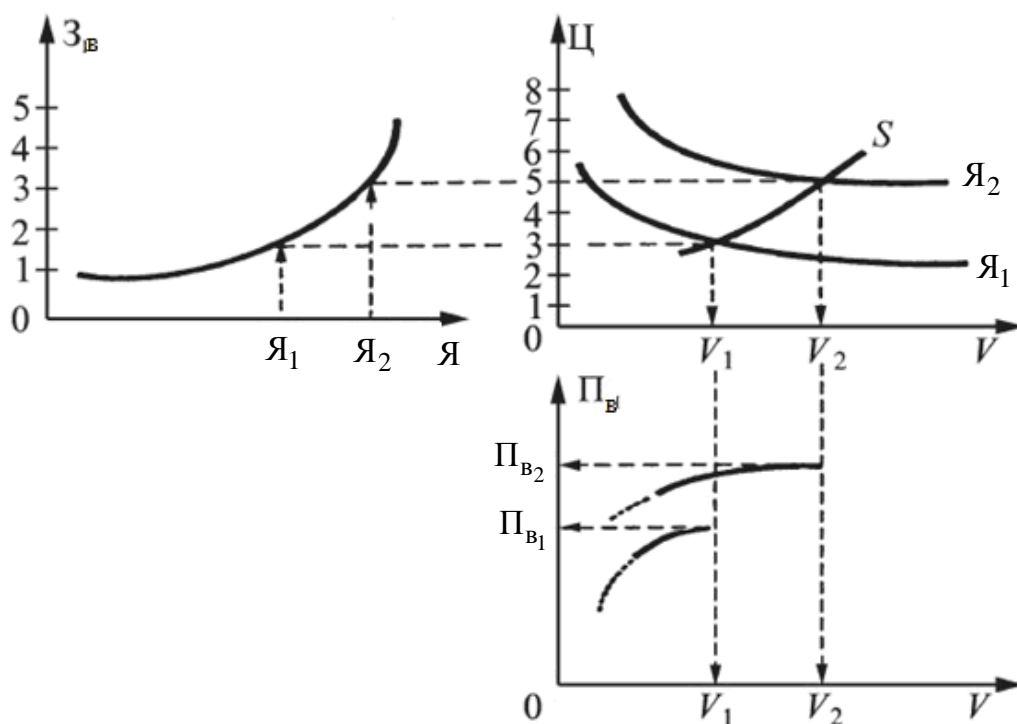


Рисунок 1.16 – Типова схема залежності виробничих затрат виробника $З_в$, ціни $Ц$, обсягу продажів V і прибутків у виготовлювача $П_в$ від якості $Я$ техніки:
 S – крива попиту

Таблиця 1.6 – Оцінка ефективності розробки та впровадження систем якості в компаніях, проведена сертифікаційною організацією Lloyd's Register

Економічний показник діяльності	Підприємства, які сертифікували систему якості (стандарти ISO 9000)			Середній показник по галузі
	великі	середні	малі	
Рентабельність, %	4,4	4,9	6,8	1,9
Повернення капіталу, %	16,6	16,2	17,5	7,7
Об'єм продаж на одного працюючого, тис. фунтів стерлінгів	93,5	62,2	53,7	47,7
Прибуток на одного працюючого, тис. фунтів стерлінгів	3,6	2,9	4,2	0,9
Інвестиції у розрахунку на одного працюючого, тис. фунтів стерлінгів	21,2	23,9	18,9	11,0

Питання для самоперевірки

1. Зміна змісту поняття «якість» у міру розвитку продуктивних сил.
2. Від яких чинників залежить якість продукції?
3. Зміст понять «управління якістю» і «забезпечення якості».
4. Еволюція методів забезпечення якості.
5. Поняття менеджменту якості: процес, процесний підхід, «петля» якості, цикл PDCA.
6. Взаємозв'язки менеджменту якості і менеджменту організації.
7. Об'єкти якості, стратегія управління ними.
8. Показники якості продукції.
9. Показники якості процесів.
10. Показники задоволеності споживачів.
11. Що дає підвищення якості продукції для виробників і споживачів, у тому числі для держави?

2. НОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

2.1. Загальні принципи оптимізації вимог до якості

Методика оптимізації вимог до якості залежить від характеру зміни видатків і доходів виробника та споживача продукції при поліпшенні її якості. Найбільш характерні три варіанти цієї зміни:

- 1) витрати на виготовлення продукції збільшуються, а на її експлуатацію знижуються;
- 2) витрати на виготовлення продукції зростають, економічний ефект споживача поступово зменшується;
- 3) витрати на виготовлення знижуються, прибуток споживача збільшується

У перших двох випадках є деякий оптимальний рівень якості, перевищення якого призводить до збільшення сумарних затрат на виготовлення та експлуатацію продукції протягом її життєвого циклу, тобто робить цю продукцію не вигідною для суспільства в цілому. У таких ситуаціях науково-технічний прогрес гальмується економічними проблемами, недосконалістю виробництва. У третьому випадку економічних обмежень на поліпшення якості продукції немає. Це найбільш перспективний для суспільства варіант. Він визнаний сьогодні основним багатьма провідними фірмами світу, особливо в Японії. Їхнє гасло – *краща якість за меншою ціною*. Розглянемо загальні принципи оптимізації вимог до якості для названих варіантів. Взаємозв'язки затрат при створенні та використанні продукції з її якістю, характерні для першого варіанта, показано на рис. 2.1, де Z_1 – постійні затрати на виготовлення продукції, що не залежать від її якості (на амортизацію будинків, споруджень, на основні та допоміжні матеріали, на різні види енергії й ін.); Z_2 – затрати на весь період експлуатації продукції; Z_3 – затрати на НДР, конструювання та виготовлення продукції, пов'язані з її якістю (на додаткові НДР, використання патентів і ліцензій на винаходи та ноу-хау, на устаткування й оснащення підвищеної якості, навчання персоналу, додатковий контроль продукції, систему якості та ін.); Z_4 – загальні заитрати на

життєвий цикл продукції; $Z_4 = Z_1 + Z_2 + Z_3$. Як видно з рис. 2.1, оптимальний рівень якості продукції відповідає мінімуму витрат Z_4 за весь життєвий цикл продукції.

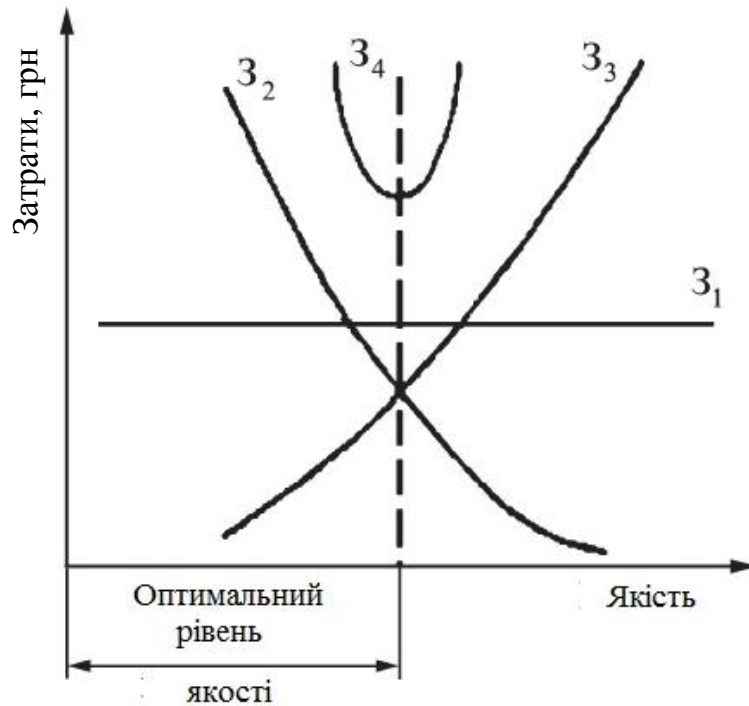


Рисунок 2.1— Методика оптимізації якості продукції, якщо при підвищенні якості витрати на виготовлення збільшуються, а витрати на експлуатацію зменшуються

Методику оптимізації вимог до якості продукції для другого варіанта взаємозв'язків якості та затрат на продукцію показано на рис. 2.2. Тут за оптимальний прийнято такий рівень якості, при якому різниця між вигрешом споживача та затратами на придбання й експлуатацію виробу буде найбільшою. На рис. 2.3 показано зміну сумарного економічного ефекту від поліпшення якості продукції для третього варіанта взаємозв'язків якості й затрат на продукцію. Тут: 1 —економічна вигода споживача; 2 — затрати на покупку й експлуатацію виробу; 3 — сумарний економічний ефект залежно від якості розглянутого виробу. Видно, що з підвищенням якості при описаних вище умовах економічний ефект постійно змінюється.

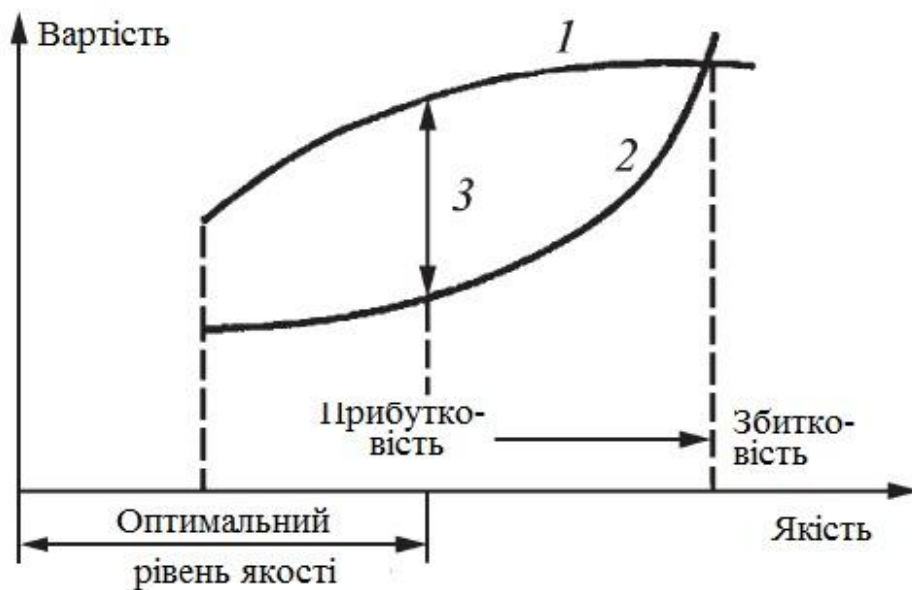


Рисунок 2.2 – Схема визначення оптимального рівня якості продукції:

- 1 – економічна вигода споживача від виконання робіт;
- 2 – затрати на виробництво (придбання) й експлуатацію продукції;
- 3 – найбільший сумарний економічний ефект

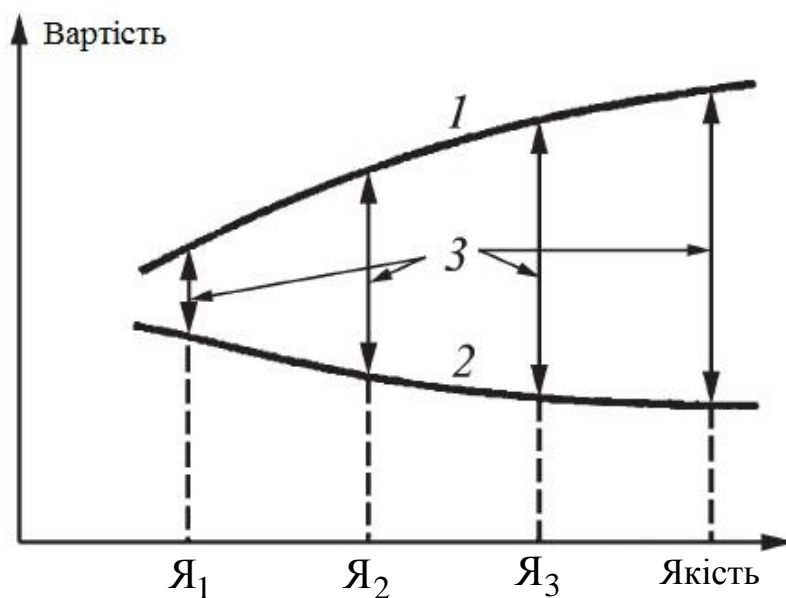


Рисунок 2.3 – Залежність прибутку (крива 1), витрат (крива 2) і економічного ефекту (крива 3) від якості виробу, що експлуатується

2.2. Моделі оптимізації якості

2.2.1. Сутність математичного моделювання

Реальні явища, з якими люди зустрічаються на практиці, настільки складні, що при їхньому аналізі доводиться відволікатися від ряду несуттєвих, другорядних ознак і створювати новий, часом ідеальний (уявний) образ, у якому враховані істотні сторони явища. Цей образ, що імітує реальний об'єкт, називається його *моделлю*. Людство вже давно застосовує різноманітні моделі: схеми, карти, просторові моделі кристалів і т.п. Географічна карта не містить багатьох деталей місцевості, але допомагає орієнтуватися на ній. Фізична модель відтворює об'єкт у такому масштабі, який полегшує його вивчення. Схема структури виробництва виробу допомагає керувати процесом виготовлення продукції. У цей час немає жодної галузі науки й техніки, де не застосовувався б метод моделей. Серед моделей особливе місце займають *математичні моделі*. Не даючи класичного визначення математичної моделі, відзначимо:

- математичною моделлю реального об'єкта називається таке його відображення, яке дозволяє описати істотні сторони об'єкта мовою математичної логіки й математичних формул;
- математична модель, перетворюючи об'єкт дослідження в ідеальний образ, дає нову, хоча, можливо, і неповну інформацію про нього. Наприклад, при побудові математичної моделі фізичного маятника зневажають масою нитки, габаритними розмірами вантажу та рядом інших факторів. Математичний маятник – це важка точка, підвішена на невагомій нитці, що й рухається в полі тяжіння Землі. Закони механіки дозволяють легко написати рівняння руху математичного маятника й, зокрема, визначити період коливання через довжину нитки. Цей математично обчислений період (його залежність від довжини нитки) добре узгодиться з періодом руху реального маятника. При побудові математичної моделі вихідними є тільки ті властивості об'єкта, які можуть бути описані кількісно (у нашому прикладі довжина нитки), і тільки ті зв'язки між властивостями, які піддаються опису мовою математики (у нашому прикладі це другий закон Ньютона). Властивості об'єкта, що піддаються числовій оцінці, називаються *параметрами*, або *характеристиками*. Залежно від характеру зміни параметрів розрізняють

такі типи моделей: детерміновані або стохастичні; безперервні або дискретні; стаціонарні або динамічні. *Детермінована* (тверда) модель може бути побудована в тому випадку, якщо вихідні дані включають тільки фіксовані значення параметрів і функціональну залежність вихідної характеристики від вхідних величин. *Стохастична* модель будується тоді, коли параметри об'єкта зазнають впливу випадкових, неконтрольованих факторів. Однозначно передбачити поведінку такого об'єкта неможливо, тому при вивченні стохастичних моделей застосовують методи теорії ймовірностей і математичної статистики. Поведінку твердої моделі можна передбачити однозначно, однак через складність деяких детермінованих моделей до їхнього вивчення можуть залучатися й статистичні методи. Звичайно тверді моделі приводять до систем рівнянь. Найпоширенішим типом завдань, для рішення яких використовуються детерміновані моделі, є задачі на максимум і мінімум. У них ставиться мета знаходження оптимальних характеристик об'єктів. Поділ моделей на дискретні й безперервні визначається областю припустимих значень параметрів моделі. Якщо ця область безперервна, то модель називається *безперервною*. Якщо вона дискретна, то модель іменується *дискретною* (наприклад, у випадку, коли параметр ухвалює цілочисельні значення). Модель називається *стаціонарною*, якщо її параметри незалежні від часу. Якщо хоча б один параметр змінюється в часі, то модель вважається *динамічною*. Математичні моделі можуть бути дуже складними, але та обставина, що вони записані на формальній (математичній) мові, відкриває можливість їх дослідження з допомогою ЕОМ. Саме це призвело до широкого розповсюдження математичного моделювання в науці, техніці, економіці і у тому числі в галузі стандартизації й управлінні якістю продукції (УЯП). Багато технологічних процесів і процесів управління, у тому числі й управління якістю продукції, можуть бути представлені у вигляді такої схеми, що одержала назву «чорної скрині» (рис. 2.4). Нехай стан об'єкта («чорної скрині») характеризується n параметрами y_1, y_2, \dots, y_n . Наприклад, автомобіль характеризується загальною масою, довжиною, шириною, висотою, швидкістю, витратами пального на 100 км пробігу і т.п. Назвемо цю безліч параметрів n -мірним вектором $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ відгуку системи, або виходом системи. Вектор відгуку Y може залежати від багатьох параме-

трів. Ці вхідні параметри в загальному випадку можуть бути розбиті на три групи. До першої групи віднесемо ті параметри, які можна вимірювати й цілеспрямовано змінювати, підтримуючи заданий технологічний режим. Нехай кількість таких керованих параметрів дорівнює k . Позначимо їх через x_1, x_2, \dots, x_k . Вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ називається *вектором керованих факторів*. Другу групу утворюють контрольовані, але некеровані вхідні параметри, наприклад, кількість шкідливих домішок у сировині. Цю кількість можна виміряти, але змінити її найчастіше може тільки постачальник сировини, а не споживач. Ця група параметрів називається *вектором некерованих факторів*. На схемі він позначений $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$.

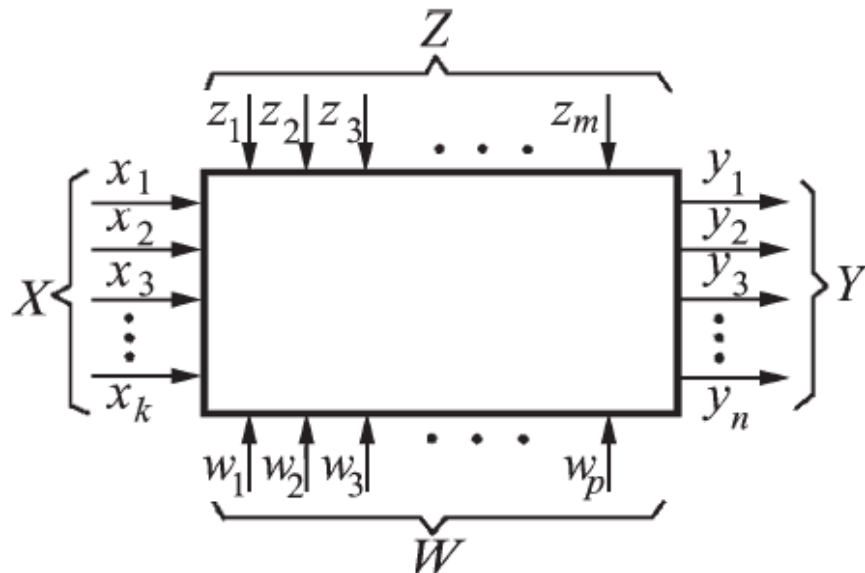


Рисунок 2.4 – Схема об'єкта, який називається «чорною скринею»

У сільськогосподарському виробництві до таких параметрів, що виявляють великий вплив на кінцевий результат, належать, наприклад, температура повітря, кількість опадів, напрямок вітру й т.п. У третю групу входять неконтрольовані, а отже, і некеровані параметри. До них відносяться й випадкові збурювання. На схемі безліч неконтрольованих параметрів позначено вектором $W = (w_1, w_2, \dots, w_p)$. Назвемо його *вектором неконтрольованих факторів*. До описаної моделі далі будемо постійно звертатися.

2.2.2. Основні напрямки використання математичних моделей в управлінні якістю продукції

Математичні моделі можуть бути використані для опису процесу виробництва й управління якістю продукції на всіх рівнях: від процесу виготовлення окремої деталі до керування виробничим об'єднанням. Нехай у виробниче об'єднання входить N підприємств. Метою керування об'єднанням у формалізованій моделі є досягнення екстремуму деякої цільової функції I (наприклад, одержання максимуму прибутку при випуску підприємствами певного виду продукції). При цьому апарат керування має можливість впливати на підприємства, що входять в об'єднання (частину прибутку надавати підприємству, накладати штраф за низьку якість продукції й т.п.), і надає колективу підприємства самостійність відповідно до статуту об'єднання. Нехай $Y_i (i = 1, 2, \dots, N)$ – вектор відгуку (обсяг, номенклатура або якість продукції i -ого підприємства). Тоді $I = F(y_1, \dots, y_N)$, тобто цільова функція залежить від результату роботи підприємств. У свою чергу, на вектор відгуку Y_i впливають вхідні вектори X_i, Z_i, W_i і деякий вектор U_i , що характеризує вплив керування об'єднанням:

$$Y_i = \phi_i(X_i, Z_i, W_i, U_i).$$

У формалізованій задачі керування передбачувана поведінка підприємства вважається відомою об'єднанню, а підприємству відомі розмір і форми штрафу або заохочення, обумовлені керуючою системою. У свою чергу, діяльність i -ого підприємства спрямована на досягнення своєї цільової функції: $I_i = \psi_i(Y_i, U_i)$. Вигляд функцій ϕ_i, ψ_i при певних обставинах, що спрощують, вдається визначити експериментально і тим завершити побудову математичної моделі керування підприємствами. Помітимо, що ці функції можуть бути нелінійними. Оптимальна робота підприємства визначається безліччю факторів, які самі повинні бути оптимальними. До цих факторів належать: параметри конкретної продукції (машини, устаткування, прилади, апарати, технологічне оснащення, інструменти, сировина, матеріали і т.п.), показники якості продукції, норми взаємозамінності різних видів з'єднань деталей і т.п., встановлені державними стандартами й (або) норматив-

но-технічною документацією (НТД). Вимоги, закладені в НТД, повинні забезпечувати максимально можливу в певних умовах ефективність від їхнього застосування. Максимальна ефективність, залежно від конкретних умов, означає максимальний результат при заданих витратах, заданий ефект при мінімальних витратах або максимум ефекту, що припадає на одиницю витрат. При цьому під ефектом (результатом) розуміється досягнення певних технічних, економічних або соціальних цілей. Математична модель оптимізації містить у собі цільову функцію й обмеження (нерівності). Цільова функція є математичним описом залежності мети застосування об'єкта оптимізації від величин його параметрів і часу. У результаті оптимізації повинно бути знайдено екстремальне (максимальне або мінімальне) значення цільової функції. Комплексний підхід до завдань оптимізації вимагає з'ясування ролі (ваги) кожного окремого параметра у всій безлічі параметрів. Оптимізації підлягають насамперед головні й основні параметри виробу. Вихідними умовами для оптимізації параметрів є:

- затрати на розробку, виробництво й експлуатацію, а також ефект корисності застосування об'єкта оптимізації;
- закономірності зміни параметрів оптимізації у зв'язку із впровадженням нових досягнень науки й техніки;
- обмеження у вигляді нерівностей які характеризують техніко-економічні умови при проектуванні, виробництві та експлуатації для досягнення оптимальних значень параметрів;
- функції попиту, що визначають потреби в об'єкті оптимізації.

Сформульовані умови є основою при розробці математичної моделі оптимізації. В цю модель входить встановлення кількісних і якісних залежностей між керованими факторами й прийнятим критерієм оптимальності. Отримана економіко-математична модель повинна бути порівняно простою і забезпечувати достатню точність вирішення задачі. Вимоги ці часом суперечливі. Велика кількість факторів і наявність неконтрольованих факторів ускладнюють модель.

Проте, умілий відбір головних факторів, кваліфікація й досвід розробника моделі можуть її спростити. Точність оптимізації залежить від точності вхідної інформації, вибору цільової функції й обчислювального методу.

2.2.3. Оптимізація вимог до якості продукції

Як інструмент математичного моделювання в економічних дослідженнях широке поширення одержав метод кореляційно-регресійного аналізу (КРА). З його допомогою встановлюють ступінь впливу різних факторів на показники якості продукції й одержують залежності між ними. Ці залежності відкривають можливості керування якістю продукції й ефективністю виробництва. Визначення перспективного оптимального рівня якості виробів є найважливішою проблемою, що зачіпає інтереси як виробника, так і споживача. У цілому споживчі якості виробу визначаються багатьма параметрами. Для прикладу візьмемо термін служби виробу. Припустимо, що не тільки економічний ефект від підвищення терміну служби, але й витрати на виробництво виробу, пов'язані з підвищенням терміну його служби, можуть бути представлені (або добре апроксимуються) квадратичними функціями:

$$f(x) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2;$$

$$g(x) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2,$$

де x – термін служби виробу; $f(x)$ – економічний ефект; $g(x)$ – витрати; $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ – постійні коефіцієнти, обумовлені експериментально на основі статистичних даних. Критерій оптимальності рівня споживчої якості в цьому випадку формулюється як досягнення максимуму функції $h(x) = f(x) - g(x)$. Ця найпростіша задача аналізу розв'язується у такий спосіб:

$$x_{\text{опт}} = \frac{b_1 - a_1}{2(a_2 - b_2)}.$$

Однак вона не така проста, як може здатися спочатку. По-перше, якість виробу споживач визначає не тільки строком його служби, але й багатьма іншими параметрами. По-друге, у розглянутій задачі постійні коефіцієнти $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ залежать від багатьох факторів виробництва, тобто є параметрами, які, у свою чергу, підлягають оптимізації. Оптимізація ви-

мог до якості продукції припускає розробку певних правил вибору параметрів оптимізації та входних факторів, що істотно впливають на параметр, який підлягає оптимізації. Параметр оптимізації повинен відповідати таким вимогам:

- вимірюватися при будь-якій припустимій зміні виробничих факторів, тобто визначатися деяким числом одиниць виміру для даної величини (бути контрольованим);
- бути статистично ефективним, тобто вимірюватися з найбільшою точністю, що дозволяє скоротити до мінімуму повторення дослідів;
- бути інформаційним, тобто характеризувати властивості деталі, складальної одиниці або технологічного процесу;
- мати фізичний сенс, тобто можливість досягнення корисного ефекту;
- бути однозначним, тобто відображати точно одну властивість деталі, що підлягає оптимізації.

Крім того, параметр повинен бути обмежений межами допусків, у яких проводиться оптимізація. Фактори, що впливають на параметр, який підлягає оптимізації, у свою чергу, повинні задовольняти ряду умов:

- бути керованими, тобто дозволяти експериментаторові встановлювати необхідне значення фактору та підтримувати постійним це значення протягом дослідів;
- відрізнятися сумісністю груп факторів, тобто можливістю практичної реалізації будь-якого набору їхніх припустимих значень;
- бути незалежними, тобто мати можливість встановлення будь-якого фактору на довільному рівні в припустимому інтервалі незалежно від рівнів інших факторів;
- бути обумовленими по-операційно, тобто за допомогою послідовного виконання ряду операцій (дій), за допомогою яких встановлюються значення факторів;
- мати максимальну точність встановлення граничних значень факторів, тобто відхилення дійсного значення фактору від заданого номінального значення не повинне перевищувати похибки приладу.

Як приклад розглянемо задачу оптимізації параметрів гратчастої частини зерноочисних машин. За керовані фактори прийняті:

x_1 – частота обертання валу, об/хв;

x_2 – радіус валу, мм;

x_3 – питоме навантаження на одиницю робочої ширини гратчастого стану, кг/(Ом·год).

x_4 – кількість дрібних домішок у вихідному матеріалі, %;

x_5 – кут нахилу середнього положення підвісок до вертикалі, град.

За параметри оптимізації прийняті ефект очищення зерна від дрібних домішок v_1 і втрати повноцінного зерна в грубих домішках v_2 . Головним параметром вважається y_1 . За допомогою регресійного аналізу отримано математичну модель. Параметр y_1 у цій моделі представлений у вигляді квадратичної функції факторів x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 . Оптимальні значення цих факторів обчислено на ЕОМ за спеціальною програмою визначення глобального екстремума квадратичної функцій. У результаті обчислень отримано такі значення цих факторів, при яких величина y_1 становить 65%, що значно вище значення $y_1 = 42\%$, отриманого на дослідницькій установці. Пророблені розрахунки визначають перспективний напрямок роботи конструкторів з досягнення оптимальної якості зерноочисної машини за вибраним головним параметром – ступенем очищення зерна від дрібних домішок. Зараз інтенсивно розробляються методики оптимізації різних параметрів продукції. Наприклад, є методика вибору оптимальних рівнів показника надійності елементів виробу, методика розрахунків оптимального резерву при наявності обмеження на вартість (масу, обсяг резерву) та ін.

2.2.4. Огляд моделей оптимізації якості

У зв'язку з існуючою різноманітністю вимог до параметрів якості й умов оптимізації розроблено велику кількість моделей оптимізації. Вони відрізняються критеріями оптимальності і їхнім взаємозв'язком із приватними показниками якості, формою включення їх у модель і обмеженнями при зміні показників. Правила та зразки рішення задач оптимізації звичайно мають готове програмне забезпечення та детальні методичні описи з використання моделей. Постановка задачі може бути досить простою справою, якщо критерієм оптимальності є один з найбільш результативних приватних показників якості або єдиний, узагальнений показник техніко-

економічного рівня продукції. Виділення головного (основного) показника якості значно спрощує постановку оптимізаційної задачі, а на інші показники накладаються обмеження відповідно до діючих. Такі обмеження можна визначити на основі стандартів і інших нормативів, у тому числі діючих на підприємстві. Наприклад, пропонується позначити значення показників якості для даної продукції через z_1, z_2, \dots, z_k , де z_1 – головний показник якості. У цьому випадку обмеження на інші показники будуть мати такий вигляд:

- $z_i = a_i$ – фіксований показник якості (a_i – значення показника, обумовлене стандартом або нормативами);
- $b_j \leq z_j \leq c_j$ (b_j і c_j – верхня й нижня межі зміни параметра, обумовлені стандартом або нормативом);
- $z_p \geq b_p$ – обмеження нижньої межі зміни параметра;
- $z \leq c$ – обмеження верхньої межі зміни параметра (для тих показників, які мінімізуються).

Якщо $b_j = 0$, то це обмеження може дорівнювати обмеженню нижньої межі зміни параметра. Крім цих обмежень задача містить у собі й загальне обмеження з затрат, яке записується у вигляді:

$$\sum_{i=1}^k f_i(z_i) \geq p,$$

де $f_i(z_i)$ – функція затрат в залежності від збільшення i -ого показника якості; p – загальна припустима сума затрат.

В остаточному підсумку задача оптимізації якості окремого виду продукції приймає такий вид, де потрібно знайти $z_{i \max}$ при обмеженнях:

$$z_i = a_i, \quad i = 2, 3, \dots, k_1;$$

$$b_j \leq z_j \leq c_j, \quad j = k_1 + 1, k_1 + 2, \dots, k_2;$$

$$z_p \geq b_p, \quad p = k_2, k_2 + 1, \dots, k;$$

$$z_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, k.$$

Метод розв'язання цієї задачі залежить від виду функцій $f_i(z_i)$. Якщо ці функції лінійні –

$$f_i(z_i) = r_i z_i + a_i,$$

то задача перетворюється в задачу лінійного програмування та розв'язується стандартним сімплекс-методом. Головні труднощі полягають у виділенні основного показника якості. У тих випадках, коли показників небагато, застосовують критерій оптимальності, у якості якого визначається один з показників, і вирішують задачу. Потім ухвалюють інший показник за критерій оптимальності, наклавши обмеження на перший, і розв'язують задачу, яка буде свого роду сполученою з першою. Багато показників якості продукції вимірюються в натуральних одиницях (продуктивність, термін служби й т.п.), інші допускають тільки бальну оцінку. Нарешті, є група показників якості, які не відбиті у вимогах НТД (естетика, зручність у користуванні й ін.) і можуть бути практично обмірювані лише за допомогою експертних оцінок. Отже, показники якості вимірюються за допомогою різнорідних, іноді умовних одиниць. Будь-які арифметичні й логічні дії із приватними показниками можуть дати досить умовний і суб'єктивний загальний показник через принципову несумісність різних показників якості. Якби все-таки вдалося побудувати загальний показник (який, мабуть, мав би сенс тільки для взаємозамінних виробів), що дозволяє визначити, наскільки один вид продукції краще іншого, то він і з'явився б критерієм оптимальності якості. Задача оптимізації якості в цьому випадку зводилася би до порівняння ефекту, вираженого критерієм оптимальності, і витрат на його досягнення. Отже, можна констатувати, що розглянута модель малокорисна при вирішенні конкретної задачі визначення мінімально необхідних витрат на доведення якості виробів до деякого заздалегідь заданого значення окремих параметрів рівня якості. Можна привести другу можливу модель оптимізації якості, маючи на увазі його оптимізацію в спільній задачі розвитку виробництва. Такий шлях має перевагу, що забезпечує комплексний підхід до оптимізації якості, тобто передбачає оптимізацію якості продукції, одночасно погоджуючи це з розвитком виробництва, наприклад з формуванням виробничої програми. Переваги зазначеного способу оптимізації якості

продукції можна реалізувати, якщо використовувати в цільовій функції індекси якості. Причому для оптимізації якості може бути застосована модель оптимізації розвитку та розміщення виробництва. Ця модель обов'язково повинна бути асортиментною, тобто багато-продуктовою, що має таку форму, щоб відповідний індекс якості природно вписався у критерії оптимальності задачі. Наприклад, потрібно визначити оптимальний план розвитку та розміщення виробництва, що забезпечує максимум цільової функції U (вартість продукції з урахуванням якості за винятком витрат на виробництво на підприємстві):

$$U = \sum_{i=1}^n I_i C_i z_i - \left| \sum_{k=1}^j \sum_{k=1}^m P_k^j X_k^j \right|$$

при обмеженнях:

$$X_{i_k} \leq \sum_{j=1}^m M_{ik}^j X_k^j, \quad k=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, n$$

(випуск i -ої продукції на виробництві k не перевершує відповідної до звітної потужності підприємства);

$$z_i = \sum_{k=1}^s X_{ik}, \quad i=1, \dots, n -$$

баланс випуску i -ої продукції по всіх ділянках її виробництва;

$$\underline{V}_i \leq z_i \leq \bar{V}_i, \quad i=1, \dots, n -$$

обмеження на максимально й мінімально можливий випуск продукції, виходячи з потреб і можливостей реалізації;

$$z_i = \sum_{k=1}^s X_{ki} \leq 1, \quad k=1, \dots, m;$$

$X_{ki} = 0$ или 1 , $k = 1, \dots, s$, $j = 1, \dots, m$ – обмеження на змінну X_{k_i} , які визначають, що на виробництві k може бути розміщене не більш однієї ділянки з випуску i -ої продукції;

$$X_{ik} \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, s -$$

умова незаперечності змінної, де змінні задачі z_i , X_k^j , X_{ik} .

При цьому: z_i – обсяг випуску i -ого продукту; X_{ik} – обсяг виробництва i -ого продукту на k -му виробництві; X_k^j – змінна, що показує, чи входить в план j -ий варіант типової потужності на виробництві k (якщо $X_k^j = 1$, то входить, якщо $X_k^j = 0$, то ні); C_i – оптова ціна одиниці i -ого продукту; P_k^j – витрати на виробництво при створенні ділянками типової потужності на виробництві k ; M_{ik}^j – потужність ділянки по випуску i -ої продукції на k -му виробництві по варіанту j ; I_i – індекс якості i -ої продукції; \underline{V}_i і \overline{V}_i – мінімально й максимально припустимі обсяги виробництва i -ої продукції за умовами ринку; i – індекс продукції; k – індекс виробництва (цеху); j – номер варіанта типової потужності ділянки; n – кількість видів продукції; s – кількість виробництв, цехів підприємства; m – кількість варіантів типової потужності.

Вирішення задачі дозволяє одержати оптимальний план розвитку та розміщення виробництва з урахуванням зміни якості продукції. Ця модель задана в так званій варіантній постановці, тобто коли варіанти розвитку виробництва (будівництва нових виробництв або реконструкції діючих) обрані заздалегідь за допомогою фіксованого набору відповідних параметрів. Цей набір визначається технологічними можливостями даного виробництва, що дозволяє враховувати якість в оптимізаційній задачі, тому що оптимізація якості продукції також пов'язана з технологічними можливостями виробництва. Ця модель, по суті, забезпечує тільки вибір оптимальної виробничої програми (максимальний обсяг доданої вартості) із числа наявних варіантів розміщення виробництва за ділянками, створення нових ділянок, індексів якості продукції. У тому випадку, коли в подібній моделі необхідно

врахувати ефект від впровадження нових видів засобів праці (машин, устаткування, оснащення, інструмента й т.п.) підвищеної якості, він знаходить, як правило, своє безпосереднє вираження в збільшенні випуску продукції та зниженні виробничих витрат. Тут не виникає серйозних ускладнень у виборі критерію оптимальності, тому що таким може бути прийнято один з показників ефективності виробництва, наприклад, мінімум приведених витрат. Даний критерій оптимальності досить універсальний для зазначеного кола завдань і допускає різні модифікації залежно від конкретних умов. Формалізація подібних задач особливих труднощів не представляє. Для розробки подібного типу узагальненої моделі оптимізації якості необхідно ввести комплексний показник якості, який формується не шляхом підсумовування окремих непорівнянних між собою показників, а як результат споживчих оцінок взаємозамінної продукції згідно з рейтинговою системою. У цих цілях можуть бути використані, наприклад, принципи економіко-статистичної оцінки якості продукції, заснованої на виявленні залежності показників споживчої якості від ряду параметрів виробничої якості. Оскільки тут мова йде про прогнозування показників споживчої якості на основі виявлення їх взаємозв'язків з показниками виробничої якості, то результати прогнозу можуть знайти застосування при оптимізації якості продукції, зокрема при знаходженні критерію оптимальності якості, вираженого у вигляді кращих споживчих властивостей виробів, кращих функцій і параметрів. Очевидно, в умовах цієї задачі як одну з кількісних характеристик споживчих властивостей можна використовувати прогнозну ціну виробів нормованої якості, тим більше що при оптимізації витрат на придбання високоякісних засобів праці оцінювання проводиться за приведеними витратами на один виріб. Існує інша відома модель оптимізації якості, яка має на меті конкретизувати дані, що стосуються сфери виробництва нових виробів, отриманих у результаті вирішення задачі системи прогнозних моделей. Керованими змінними в цій задачі є кількість нових виробів, необхідних для задоволення певної частини потреби протягом періоду існування даної базової ринкової моделі $[0, T^6]$. Мається на увазі та частина потреби, яку намічено задовольнити за допомогою нових виробів $A_{\Pi}(t)$ – з новою якістю. Економічний зміст задачі оптимізації показників якості є таким: порівняти додаткові капітальні витрати, пов'язані з підвищенням якості в сфері виробництва, з

економією на поточних витратах, отриманою при експлуатації в результаті поліпшення споживчих властивостей виробу і його продажу. Задача визначення оптимальних показників якості припускає, що:

- є одне підприємство-виробник виробів (якість яких оптимізується) та m підприємств-споживачів виробів даного виду;
- умови споживання й експлуатаційні витрати на вироби, що випускаються, на всіх підприємствах-споживачах різні;
- кожне підприємство-споживач розглянутих виробів є одночасно виробником деякої кінцевої продукції.

У цьому випадку якість цих виробів характеризується набором L різних параметрів $k_1, \dots, k_i, \dots, k_L$. Ознакою оптимальності тут виступає комбінація параметрів $k_1, \dots, k_i, \dots, k_L$, яка відповідає максимальному економічному ефекту з урахуванням усіх витрат, пов'язаних з виробництвом і споживанням розглянутих виробів. Для розв'язання задачі вводиться ряд позначень:

u_{jt} – кількість виробів, що направляються j -ому споживачеві в t -ому році;

$F_{jt} = F_{jt}(k_{1jt}, \dots, k_{ijt}, \dots, k_{Ljt})$ – вектор, який характеризує якість виробів, що направляються j -ому споживачеві в t -ому році;

$\varphi_j(F_{jt})$ – витрати на використання одного виробу j -им споживачем протягом усього строку його служби;

$f(F_{jt}, u_{jt})$ – витрати на виробництво та збут виробу як функція від його якості й обсягу виробництва t -ого року;

$f^{\max}(F_{jt}^0, F_{jt})$ – граничні виробничі витрати на створення одного виробу з рівнем якості, обумовленим F_{jt} ;

$b_d(F_{jt})$ – витрата d -ого виду обмежених ресурсів виробником на один виріб, що випускається;

$a(F_{jt})$ – питомий обсяг кінцевої продукції, що припадає на один виріб, експлуатований j -им споживачем протягом одного року;

Q_{jt} – річне планове завдання в кінцевій продукції для j -ого споживача в t -ому році;

N_{dt} – обсяг d -ого виду виробничих ресурсів на підприємстві-виробникові в t -ому році;

α_{lt} , β_{et} – мінімальна і максимальна межі виміру параметра якості Y_l , що відображають існуючу технічну можливість їх зміни в t -ому році;

$\alpha(t)$ – коефіцієнт приведення різночасових витрат до одного моменту часу, за який приймається початковий момент періоду прогнозування;

$[0, T^6]$ – період прогнозування.

Взаємозв'язок показників приведених функціональних залежностей показано на рис. 2.5–2.8. Задача оптимізації показників якості в цих позначеннях – знайти значення величин F_{jt} і y_{jt} , що мінімізують залежність

$$Y = \sum_{i=1}^{T^6} \alpha(t) \sum_{j=1}^m (\varphi_j(F_{jt}) + f(F_{jt} y_{jt})) y_{it} \rightarrow F^{\min} \quad (2.1)$$

при обмеженнях, що мають економічний зміст:

$\alpha(F_{jt}) y_{jt} = Q_{jt}$ – вимога обов'язковості виконання планового завдання для кожного з підприємств-споживачів розглянутих машин;

$\sum Q_{jt} \geq A_{\Pi}^m(t)$ – збалансованість обсягів завдань підприємств-споживачів нової техніки з величиною потреби $A_{\Pi}(t)$;

$f(F_{jt}) \leq f^{\max}(F_{jt}^0)$ – граничний рівень виробничих витрат, що виражає умова ефективності нової техніки;

$\sum b_{jt}(F_{jt}) y_{jt} \leq \sum_{j=1}^m N_{dt}$ – умова обмеженості виробничих ресурсів, ви-

користовуваних для створення нових машин на підприємстві-виробникові:

$\alpha_{lt} \leq Y_{lt} \leq \beta_{et}$ – межі зміни річних показників якості, технічно можливі в період прогнозування;

$y_{jt}, \alpha(F_{jt}), b_d(F_{jt}) \geq 0$ – обмеження ряду змінних величин, введених у модель. Для всіх $j = 1, 2, \dots, m$; $l = 1, 2, \dots, L$; $d = 1, 2, \dots, D$; $t = 1, 2, \dots, T^6$.

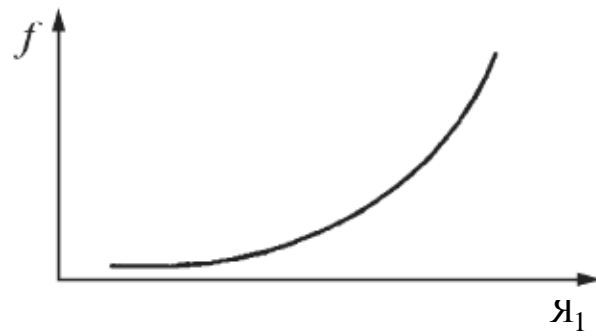


Рисунок 2.5 – Залежність виробничих витрат f від зміни одного з показників якості виробу Y_1 при фіксованому обсязі виробництва

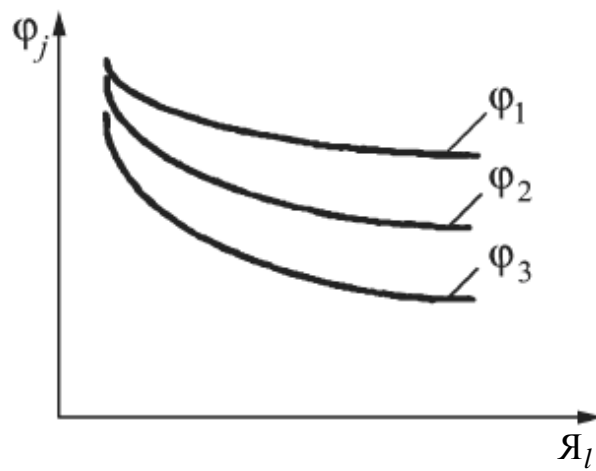


Рисунок 2.6 – Залежність експлуатаційних затрат ϕ_j від зміни одного з показників якості виробу Y_l

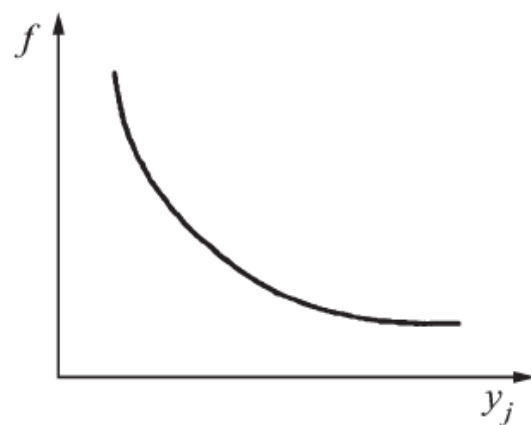


Рисунок 2.7 – Залежність витрат на виробництво та збут одного виробу f від обсягу виробництва y_j при фіксованій якості

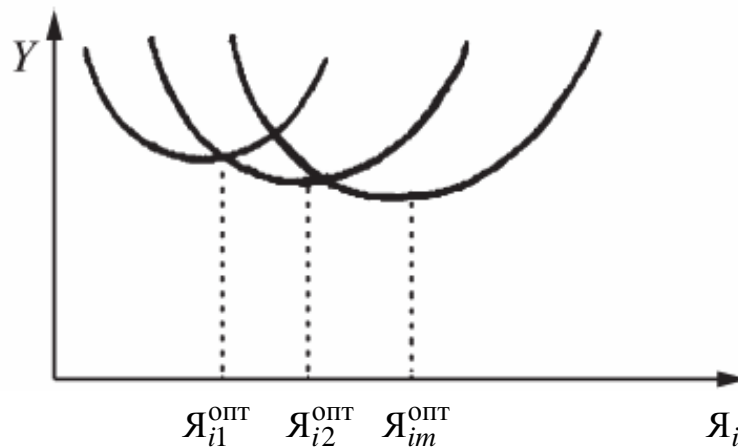


Рисунок 2.8 – Залежності сумарних затрат деякого року для кожного з типорозмірів машин, що випускаються (Y) від одного з показників якості ($Я$)

Цільова функція задачі (2.1) являє собою затрати, пов'язані із задоволенням потреби в розглянутих машинах $A_{\Pi}(t)$ за період $[0, T^6]$. Як ми вже відзначали, обраний період прогнозування визначає час існування даної базової моделі. У його межах задана потреба буде задовольнятися за допомогою типорозмірів (модифікацій) виробів, побудованих на основі зазначеної базової моделі. При цьому все різноманіття типорозмірів, що характеризуються векторами якості F_{jt} і обсягами виробництва y_{jt} , що становить набір припустимих варіантів вирішення задачі, формується в результаті щорічного порівняння потреб Q_{jt} , ресурсних обмежень N_{dt} і наскрізного (незалежно від періоду прогнозування) обліку специфіки вимог споживачів до якості використовуваної техніки. Затрати на виробництво та збут однієї машини $f(F_{jt}, y_{jt})$ визначаються за наведеними затратами з урахуванням соціально-екологічних наслідків:

$$f(F_{jt}, y_{jt}) = C(F_{jt}, y_{jt}) + \varepsilon_{\Pi} K(F_{jt}, y_{jt}) + \Delta S^B(F_{jt}, y_{jt}),$$

де $C(F_{jt}, y_{jt})$ – собівартість виробництва однієї машини як функція від її якості й обсягу виробництва; $K(F_{jt}, y_{jt})$ – питомі капіталовкладення у виробничі фонди підприємства-виробника машин як функція від їхньої якості й обсягу виробництва; $\Delta S^B(F_{jt}, y_{jt})$ – економічна оцінка соціально-

екологічних наслідків у сфері виробництва у зв'язку з підвищенням якості та зміною обсягу виробництва у розрахунку на одну машину; ε_H – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (у машинобудуванні ε_H дорівнює 0,15–0,25). Затрати на експлуатацію однієї машини протягом усього строку її служби можуть бути розраховані з використанням залежності

$$\varphi_1(F_{jt}) = \frac{Y(F_{jt}) + \varepsilon_H K'(F_{jt}) + \Delta S'(F_{jt})}{P(F_{jt}) + \varepsilon_H},$$

де $Y(F_{jt})$ – річні експлуатаційні утрати однієї машини (без відрахувань на реновацію) як функція від її якості; $K'(F_{jt})$ – супутні капітальні вкладення споживача при використанні ним нової машини як функція від її якості; $P(F_{jt})$ – частка амортизаційних відрахувань на реновацію; $\Delta S'(F_{jt})$ – економічна оцінка соціально-екологічних наслідків при експлуатації однієї машини у зв'язку з підвищенням якості.

Величина граничних виробничих затрат $f^{\max}(F_{jt}^0, y_{jt})$ призначається за умови рівно-вигідності нової та базової техніки для споживача у такому вигляді:

$$f^{\max}(F_{jt}^0, F_{jt}) = f(F_{jt}^0)a + (\varphi_j(F_{jt}^0) - \varphi_j(F_{jt})),$$

де $f(F_{jt}^0)$ – виробничі затрати на створення базової техніки; $\varphi_j(F_{jt})$ – затрати на промислове використання базової техніки.

При оцінюванні базової техніки можуть бути використані параметри, відповідно до нижньої межі припустимої зміни якісних властивостей машини, тобто вектору якості:

$$F_{jt}^0 = F_{jt}(\alpha_{1jt}, \alpha_{2jt}, \dots, \alpha_{Ljt}).$$

Умови прогнозу, побудованого на основі цієї моделі, визначаються значеннями змінних $A_{\text{пр}}(t)$, Q_{jt} , F_{jt}^0 , N_{dt} , $a(F_{jt})$, $b_d(F_{jt})$, a_{jt} , b_{jt} . Частина

з них може бути отримана з розрахунку попередніх, вище розглянутих моделей, інші – використанням методів екстраполяції й експертних оцінок. У результаті розв’язання цієї задачі отримуємо оптимальні вектори

$$F_{jt}^{\text{опт}} = F_{jt}(K_{Ijt}^{\text{опт}}, K_{Ljt}^{\text{опт}})$$

для кожного підприємства-споживача, а також обсяг випуску продукції кожного типорозміру за роками виробництва. Однак є думка, що розглянуті статичні моделі оптимізації якості мають ряд недоліків і повинні бути доповнені моделями, здатними відбивати модельовані процеси в часі, що й дозволяють здійснювати поетапні розрахунки. У цьому випадку використовується схема системного моделювання динамічної міри якості, призначеної для рішення задач прогнозування, оптимізації й оцінювання рівня якості об’єктів як фаз процесу управління.

2.3. Призначення допусків на продукцію з урахуванням функції втрати якості (метод Г. Тагуті)

Видатний японський вчений Геніті Тагуті розробив вартісний метод призначення допусків, що ґрунтується на запропонованому ним понятті «функція втрати якості» (ФВЯ). Г. Тагуті створив свою закінчену систему розробки виробів високої якості, де питання вибору й призначення допусків відіграють помітну роль. Центральну ідею цієї системи може бути викладено (у деякому наближенні) у такий спосіб:

- параметри й характеристики будь-яких об’єктів, виробів завжди мають певні відхилення від заданих значень (номіналів);
- ці відхилення, як правило, приводять до втрат для суспільства в цілому;
- якість виробу тим вище, чим менше його параметри та характеристики відхиляються від номіналів.

Г. Тагуті визначає якість продукту так: «Якість – це ті втрати, які продукція заподіює суспільству з моменту її відвантаження і які не пов’язані із втратами, що виникають через властиві їй функції». Щоб мати можливість

виражати втрати кількісно, Г. Тагуті ввів поняття про «ФВЯ» і запропонував описувати втрати простою квадратичною функцією виду:

$$L(y) = k(y - m)^2,$$

де L (від англійського Loss) – втрати, обчислювальні в гривнях (доларах, йенах і т.п.); y – значення параметра (характеристики); k – коефіцієнт пропорційності між втратами та квадратом відхилень параметрів від номіналу; m – задане значення параметра (номінал).

Коефіцієнт k легко визначити, тому що на границі поля допуску продукцію бракують і вартість бракування цієї продукції відома (позначимо цю величину A_0). Тому

$$A_0 = k\Delta_0^2,$$

$$k = A_0 / \Delta_0^2,$$

де Δ_0 – різниця між границею допуску та номіналом (рис. 2.9), тобто $\Delta_0 = m - \text{НГД} = \text{ВГД} - m$ (представлено випадок симетричного допуску, що в загальному випадку необов'язково); НГД, ВГД – відповідно нижня та верхня границі поля допуску.

Принципово це приводить до фундаментального перегляду самого поняття «допуск» і кардинально змінює погляд на його значення. Насправді, при традиційному підході всі вироби, що лежать між верхньою та нижньою границями поля допуску, мають однакову й максимально можливу якість, тоді як усі вироби за границями поля допуску бракують, тобто вони позбавлені всякої якості (пунктир на рис. 2.9). За Г. Тагуті, будь-яке відхилення веде до втрат, а границі поля допуску – це деякі штучні величини, що мають другорядне значення. Проте, оскільки вони існують і застосовуються інженерами в усьому світі, Г. Тагуті пропонує призначати допуски таким чином, щоб втрати суспільства та втрати виробника продукції в тому випадку, коли її характеристики потрапляють на границю поля допуску, були б однакові. У цьому випадку виходить співвідношення вигляду:

$$\Delta = \Delta_0 \sqrt{A/A_0},$$

де A – це вартість бракування у виробника.

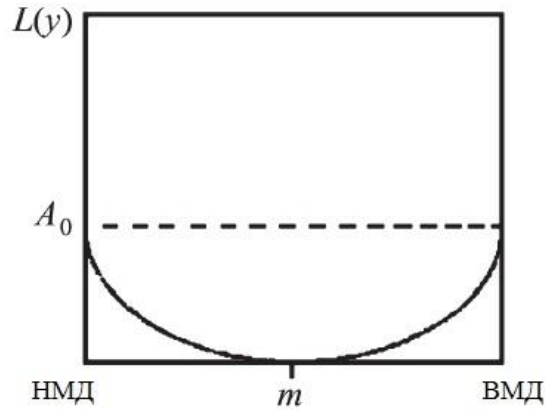


Рисунок 2.9 – Схема до розрахунку функції втрати якості $L(y)$

Допуск виготовлювача стає більш жорстким зворотно-пропорційно кореню квадратному зі співвідношення вартості бракування у виробника й у кінцевого споживача. Оскільки, як правило, вартість відмови у споживача в багато разів більше вартості відмови у виробника, остільки допуск у виробника стає жорсткішим багаторазово. Нехай якась фірма випускає блок живлення для телевізора з номіналом 220 В и допуском споживача до ± 30 В. Це означає, що, якщо напруга живлення є меншою за 190 В або більшою за 250 В, телевізор виходить із ладу. Приміром, вартість телевізора становить 20000 гр.од. і $\Phi ВЯ = K$ для цього випадку дорівнює $900000/30^2 = 1000$. Тоді $L = 1000(y - 220)^2$. Приймемо, що в даному конкретному випадку точне настроювання джерела живлення може бути здійснено за допомогою резистора вартістю 500 гр.од., а вартість операції його заміни й настроювання 1500 гр.од. Тоді, не проводячи точного настроювання, виробник заощаджує 2000 гр.од. У той же час, якщо він при цьому випускає джерело живлення, наприклад, з напругою 210 В, що перебуває за традиційним підходом у межах поля допуску, то, за Тагуті, він завдає шкоди суспільству в розмірі $1000 \times (210 - 220)^2 = 100000$ гр.од. Тому Г. Тагуті пропонує визначати допуск так, щоб суспільство понесло такі ж втрати, як і

виробник, тобто $2000 = 1000 (y - 220)^2$, звідки допуск виробника дорівнює $220 \pm 1,4$ В. Ясно, що чим більше різниця вартостей відмови у виробника та споживача, тим більш жорстким буде допуск виробника. Насправді при роботі за методологією Г. Тагуті допуск виявляється ще більш жорстким. Основною перевагою запропонованого методу є те, що він дозволяє перевести технічні характеристики виробу і його складові у гроші, тобто природно зв'язує технічні параметри з вартісними показниками, даючи одночасно можливість розроблювачам різних вузлів і елементів повноцінно спілкуватися один з одним.

2.4. Задачі і методи нормування точності та параметрів якості поверхні деталей машин

2.4.1. Нормування точності розмірів деталей машин. Основні поняття про точність у машинобудуванні

Точність у техніці – це ступінь наближення дійсного значення параметра, процесу, предмета до його заданого значення. Вимоги до точності можуть стосуватися точності механічного або іншого виду обробки механізмів і машин, систем автоматизованого управління, вимірів і т.п. Разом з терміном «точність» більш часто для аналогічної оцінки використовується термін «похибка», тому необхідно дати деякі пояснення про відмінність цих термінів і розмежування галузей їх застосування. Коли вживають термін «точність», то звичайно мають на увазі якісний показник, що характеризує відмінність цього показника від заданого значення. Тому, говорячи про точність, вживають вираження «висока точність», «низька точність» і т.п. Однак ці поняття або термін «точність» неможливо використовувати при нормуванні вимог про наближення значення до заданого. Термін «похибка» використовується для кількісної оцінки точності. *Похибка* – різниця між наближеним значенням деякої величини і її точним значенням. Це визначення стосується так званої абсолютної похибки, яка звичайно нормується для характеристики точності у машинобудуванні. Таким чином, нормується похибка як показник точності. У всіх випадках, коли вважають, що точність висока або низька, необхідно на підтвердження цього вказувати значення по-

хибки. Не можна говорити, наприклад, про «високу точність виготовлення», якщо не вказується похибка цього виготовлення. І ще слід звернути увагу на необхідність говорити не про точність виготовлення деталі, а про точність виготовлення елементів деталі. Будь-яка деталь, навіть найпростіша, містить у собі кілька елементів. Так, циліндричний валик (рис. 2.10) складається з елемента у вигляді циліндричної поверхні та двох елементів у вигляді площин, вимоги до точності в яких різні. Циліндричний валик може мати кілька ступенів, і вимоги до точності виготовлення розмірів їхніх діаметрів, як правило, неоднакові, оскільки в них різні експлуатаційні функції. У машинобудуванні найчастіше нормуються вимоги до точності елементів деталі, але іноді й усього механізму. *Нормувати точність* означає встановити вимоги до ступеня наближення параметрів деталі (виробу, процесу) до заданих. Виготовити абсолютно точні елементи деталей машин не можна й не потрібно. Неможливість одержання абсолютно точних елементів деталей пояснюється недосконалістю сучасної технології виготовлення деталей: неточністю й жорсткістю устаткування, оснащення й заготовок; зношуванням інструментів; температурними деформаціями елементів технологічної системи (ТС) та ін. Вимоги до точності елементів деталей повинні визначатися виходячи зі ступеня впливу цих елементів на експлуатаційні властивості деталі, машини. Оскільки цей вплив для різних елементів деталей і самих деталей неоднаковий, немає необхідності пред'являти до них вимоги абсолютної точності. Виготовлення абсолютно точних елементів деталей недоцільно й з економічних причин. З підвищенням вимог до точності вартість виготовлення збільшується по кривій другого порядку. Необхідність нормування вимог до точності пов'язана також з необхідністю забезпечення принципу взаємозамінності. *Взаємозамінністю* називається принцип нормування вимог до елементів деталей, вузлів, механізмів, що використовується при конструюванні і завдяки якому з'являється можливість виготовляти їх незалежно та збирати або замінити без додаткової обробки при дотриманні технічних вимог до виробу. Перевагами взаємозамінної продукції є:

- полегшення процесів конструювання, складання та ремонту;
- можливість спеціалізації виробництв на випуск окремих деталей і вузлів і їхня кооперація для виготовлення машин;

- здешевлення виробництва за рахунок скорочення номенклатури виробів, оснащення, устаткування, організації потокового виробництва та складання.

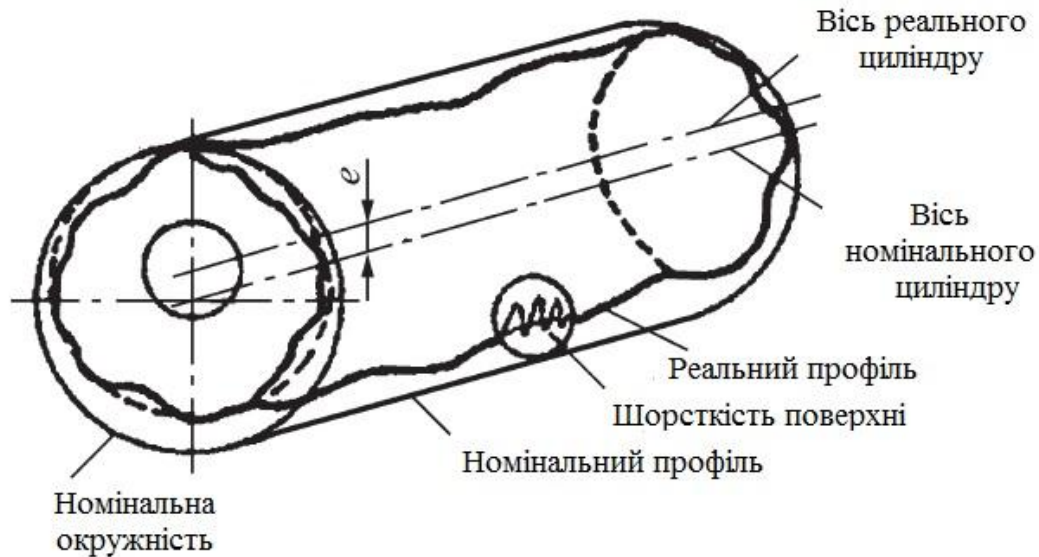


Рисунок 2.10 – Спотворення розмірів та форми циліндру після виготовлення:
 e – зміщення осей (ексцентриситет)

У машинобудуванні нормується точність чотирьох геометричних елементів деталей.

1. *Точність розміру.* Розмір елементів деталей повинен перебувати в певних межах і відрізнятися від номінального на конкретне значення. Нормування точності відносно розміру полягає у встановленні відхилень від номінального значення.

2. *Точність форми поверхні.* У машинобудуванні елементи деталі повинні мати певну номінальну геометричну форму (циліндр, площина, сфера і т.п.). У цьому випадку точність нормується як викривлення конфігурації, що допускається, в порівнянні з ідеально правильною формою. Ці викривлення форми повинні перебувати в певних заданих межах. Нормування точності форми полягає у вказівці значень, наскільки форма може відрізнятися від ідеальної, а іноді нормується й припустимий вигляд викривлень.

3. *Точність розташування поверхонь.* Будь-яка деталь складається з набору елементів (поверхонь) певної форми. Ці елементи повинні бути роз-

ташовані одна до іншої в заданому положенні. Але зробити це абсолютно точно неможливо. Отже, виникає необхідність нормувати точність, тобто ступінь відхилення розташування однієї поверхні до іншої. Наприклад, у циліндричному валику торцеві поверхні повинні бути розміщені перпендикулярно до осі циліндра, але практично так зробити неможливо й тому необхідно встановити вимоги до точності цього розташування. При нормуванні треба вказати значення, що допускаються, наскільки одна поверхня може зміщатися по відношенню до іншої.

4. *Точність за шорсткістю поверхні.* Після будь-якого виду обробки поверхні деталі будуть мати мікронерівності. Тому виникає необхідність нормувати точність відносно ступеня наближення реальної поверхні до ідеальної відносно малих нерівностей на цих поверхнях. Раніше вимоги до висоти поверхневих нерівностей називали «вимогами до чистоти поверхні», а тепер – «вимогами до шорсткості». Нормувати точність відносно шорсткості – це значить встановити, в основному, значення висоти нерівностей що допускаються та інших параметрів за ДСТУ 2789-73 на розглянутих поверхнях. Принцип взаємозамінності розмірів у машинобудуванні забезпечується за допомогою *системи допусків і посадок*.

Ця система в країнах СНД регламентується рядом міждержавних стандартів (ДЕРЖСТАНДАРТ), що діють у рамках Єдиної системи допусків і посадок (ЄСДП) і галузевих стандартів (ГСТ), затверджених міністерствами (відомствами) України. Вимоги державних стандартів погоджені з рекомендаціями Міжнародної організації з стандартизації ISO. У стандартах виділяються так звані більш переважні поля допусків. Більш переважний набір полів допусків містить у собі 10 полів допусків для отворів і 16 для валів. У табл. 2.1 і на рис. 2.11 наведено ці поля допусків. У практичній діяльності необхідно завжди прагнути використовувати наведені переважні поля допусків. Це значною мірою буде сприяти економічній ефективності виробництва, оскільки тільки для цих полів допусків, в основному, випускаються різні види інструмента.

Методи визначення точності розмірів у машинобудуванні

Точність розмірів окремих деталей y_i визначає характеристики точності $y_{\Sigma j}$ складальних одиниць і машин. Назвемо значення y_i вхідними показниками точності, а $y_{\Sigma j}$ – вихідними. Вибір вимог до вихідних парамет-

рів точності повинен проводитися виходячи з їхнього впливу на експлуатаційні показники якості машин. Такими показниками можуть бути надійність, рівень шуму, точність оброблених деталей (для металорізальних верстатів) та ін.

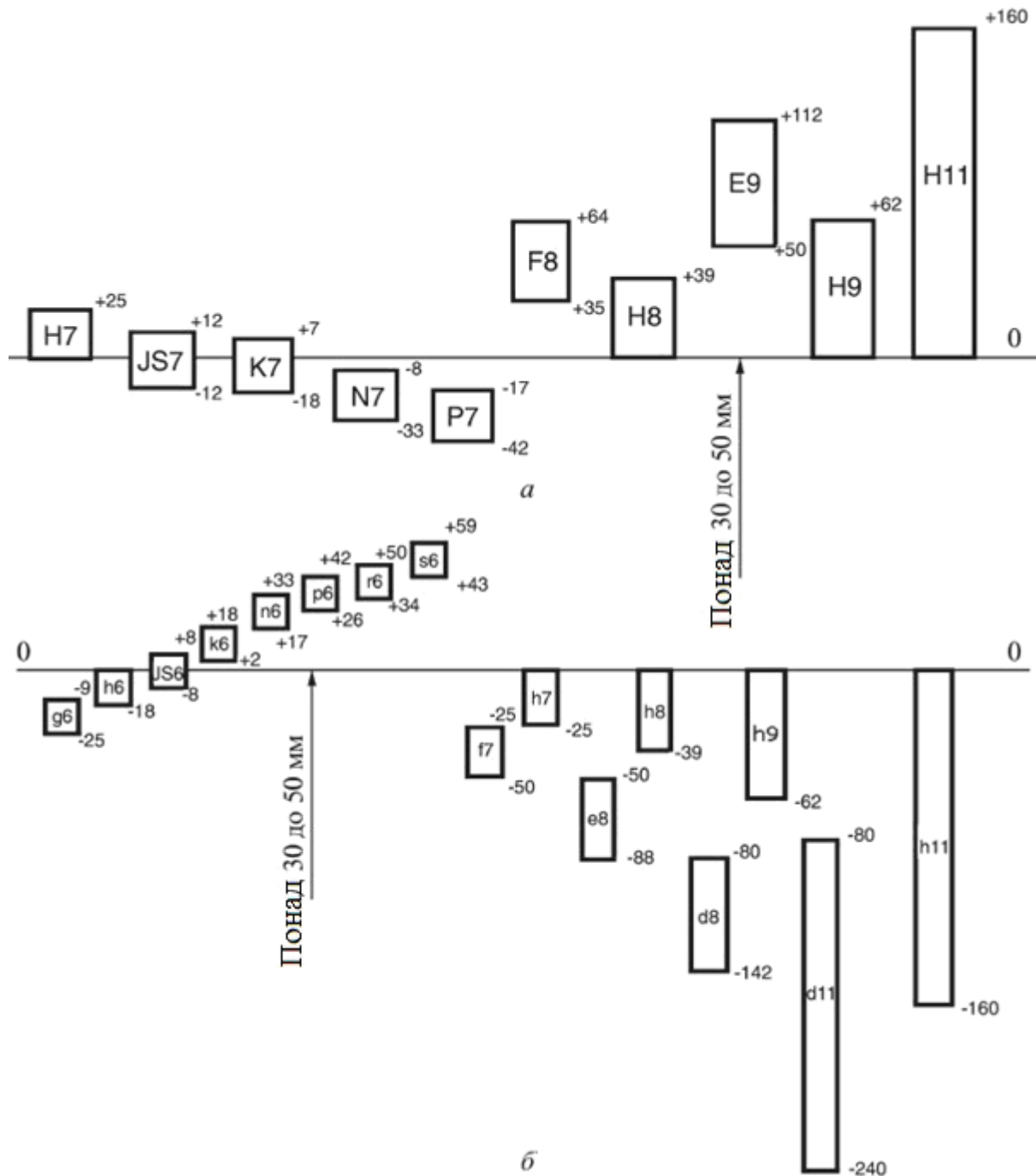


Рисунок 2.11 – Переважні поля допусків ЄСДП: *a* – отворів; *б* – валів

Взаємозв'язки між даними факторами можна записати у вигляді:

$$Z_k = f(y_{\Sigma 1}, y_{\Sigma 2}, \dots, y_{\Sigma j}, \dots, y_{\Sigma l}), \quad (2.2)$$

де Z_k – експлуатаційний показник якості машини; $y_{\Sigma 1}, y_{\Sigma 2}, \dots, y_{\Sigma j}, \dots, y_{\Sigma l}$ – вихідні параметри точності машини; l – кількість вихідних параметрів точності, що впливають на Z_k . У свою чергу, залежність вхідних і вихідних показників точності машини може мати вигляд:

$$y_{\Sigma j} = \Phi(y_1, \dots, y_i, \dots, y_n), \quad (2.3)$$

де $y_{\Sigma j}$ – показник точності складальної одиниці або машини; y_i – показник точності деталей; n – кількість показників точності деталей.

Таблиця 2.1 – Переважні поля допусків, що впливають на $y_{\Sigma j}$

Квалітет	Переважні поля допусків	
	валів	отворів
6	g6; h6; js6; k6; n6; p6; r6; s6	–
7	f7; h7	H7; JS7; K7; N7; P7
8	e8; h8	F8; H8
9	d9; h9	E9; H9
11	d11; h11	H11

За показники точності розмірів можуть бути прийняті їхні номінальні, середні або граничні значення, граничні відхилення, поля розсіювання, допуски. Спочатку за залежністю виду (2.2) слід визначити вимоги до вихідних показників точності $y_{\Sigma j}$, а потім за допомогою залежностей виду (2.3) – вимоги до показників точності деталей y_i . Задача визначення аргументів за значенням функції називається *проектною, прямою задачею* або *задачею синтезу точності*. Якщо за значеннями вхідних параметрів визначають значення вихідних, таку задачу називають *зворотною, перевіркою задачею* або *задачею аналізу точності*. При відсутності залежностей виду (2.2) і (2.3) вимоги до точності застосовують за аналогією з вимогами, прийнятими в подібних машинах, що вже успішно експлуатуються, або складальних

одиницях. Для одержання залежностей типу (2.2) необхідні спеціальні дослідження. За характером експлуатаційних показників якості машин Z_k задачі розрахунків вихідних показників точності $y_{\Sigma j}$ у залежностях виду (2.2) ділять на:

- геометричні, розв'язання яких пов'язане, зокрема, з розрахунками розмірних ланцюгів;
- кінематичні, розв'язання яких пов'язане з розрахунками кінематичних ланцюгів;
- електричні, розв'язання яких проходить з допомогою розрахунків електричних кіл;
- інші фізичні, які вирішуються різноманітними методами, крім перерахованих вище.

Залежності типу (2.3) одержують і вирішують, в основному, шляхом аналізу складальних розмірних ланцюгів. Залежності типу (2.2) можуть бути класифіковані на:

- *лінійні та нелінійні*. Лінійні часто описують поліномом першого ступеня, нелінійні – поліномами більш високого порядку, статистичними й іншими функціями;
- *детерміністичні й імовірнісні* (стохастичні, статистичні).

Рівняння детерміністичної природи одержують на основі деяких фізичних законів або геометричних співвідношень. Моделі виводяться теоретично. Іноді моделі в загальному вигляді виводяться теоретичним шляхом і уточнюються на основі дослідницьких даних. Такі математичні залежності називають *напівемпіричними* моделями. Детерміністичні моделі можуть бути задані в кінцевому виді, у вигляді диференціальних, інтегральних і інших типів рівнянь. Стохастичні залежності звичайно одержують експериментальним шляхом. Це найпоширеніший тип залежностей. Досить часто вихідні параметри точності складальних вузлів і машин впливають на кілька експлуатаційних показників якості. Можлива й багато-параметрична оптимізація параметрів точності, але це ускладнює задачу й знижує точність її рішення, яке здобувається за допомогою деякого компромісу. Тому прагнуть знайти або найважливіший показник якості, або комплексний, який залежить від показників точності машини. Розглянемо класифікацію методів розрахунків показників точності збірних вузлів або машин за залежностями

виду (2.2). Цю класифікацію показано на рис. 2.12. Розглянемо наведені на схемі методи.

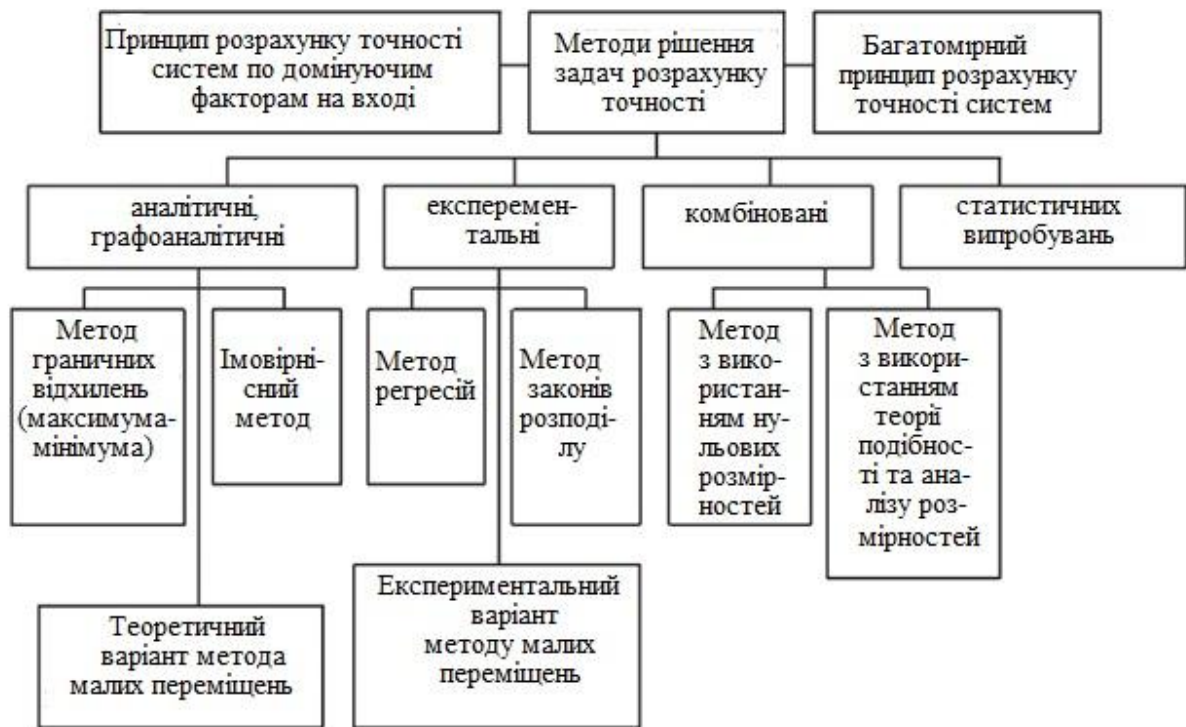


Рисунок 2.12 – Класифікація методів розрахунків точності

Аналітичний метод

Цей метод універсальний. З його допомогою можна розраховувати як систематичні, так і випадкові похибки. Метод може бути здійснений тільки при наявності вихідної математичної залежності (моделі) виду (2.2) між вхідними параметрами, зовнішніми збурюваннями й вихідними характеристиками. Точність і надійність розрахунків залежать від трьох особливостей вихідних моделей:

- 1) від повноти обліку вхідних факторів і зовнішніх збурювань;
- 2) від того, які спрощення та допущення були прийняті при побудові вихідних моделей, інакше кажучи, від того, наскільки наявні моделі «віддалені» від реальних процесів і реальних тіл (іноді прийняті при побудові вихідних моделей допущення настільки спотворюють їх, що розрахунки похибок і допусків за цими залежностями призведуть до появи браку);

3) від того, який вигляд співвідношення (2.2). Справа в тому, що методи розрахунків точності розроблені для лінійних залежностей і деяких видів нелінійних. У більшості ж випадків нелінійні моделі заміняють наближеними лінійними, тобто лінеаризують в той або інший спосіб, що вносить похибки, які можуть бути дуже великими. Перехід від нелінійних залежностей до лінійних, тобто лінеаризація залежностей, може здійснюватися такими методами: розкладанням у ряд Тейлора; усередненням помилок, заснованим на одній з теорій Л. Ейлера; мінімаксом; малих збільшень. Розрахунки всіх видів ланцюгів (розмірних, кінематичних, електричних і електронних), виконувані без обліку дії зовнішніх, збурюючих факторів, здійснюються аналітичним методом із залученням іноді графо-аналітичних способів. Але як тільки розраховувач починає враховувати дію зовнішніх збурювань, аналітичні методи найчастіше стають недостатніми й необхідно переходити до одного з інших методів (див. рис. 2.12).

Експериментальний метод

Цей метод має значно більші можливості в порівнянні з аналітичним. Він реалізується в декількох варіантах:

- *Метод регресій.* За результатами активного або пасивного експерименту одержують рівняння регресії, тобто статистичну вихідну модель, за якою формують увесь набір формул для розрахунків точності. Цей метод більш трудомісткий, ніж аналітичний, але його можливості більші.

- *Метод законів розподілу.* Цей метод складний, але він дає більш точний результат і його можливості великі. Полягає він у тому, що у виробництві, яке встановилося, обстежують вибірку виробів досить великого обсягу; вимірюють значення вихідних характеристик, вхідних параметрів і зовнішніх збурювань; визначають статистичні характеристики \bar{x}_i , σ_{xi} , \bar{y}_i , σ_{yj} , β_{1xi} , β_{1yi} , β_{2xi} і β_{2yi} ; функції щільності ймовірності (закони розподілу $\varphi_i(x_i)$, $\varphi_j(y_j)$); коефіцієнти кореляції між вхідними параметрами, між вхідними характеристиками, а також між вхідними параметрами, з одного боку, і вихідними характеристиками, з іншого; комплекси тих же показників для зовнішніх збурювань і їхніх зв'язків між собою та з вихідними характеристиками. Знаючи моделі щільності ймовірності $\varphi_i(x_i)$ і $\varphi_j(y_j)$, можна

визначити поля розсіювання ω_{x_i} і ω_{y_j} , верхні ESx_i і ESy_j і нижні відхилення ELx_i і ELy_j , коефіцієнти відносного розсіювання K_i і K_y , коефіцієнти відносної асиметрії a_i і a_{y_j} . Маючи набір перерахованих величин, можна конструювати всі формули для розрахунків точності. Недоліком цього методу є великий обсяг вибірки, тому він неприйнятний у дрібносерійному виробництві.

Метод малих збільшень. З його допомогою визначаються величини передаточних відношень $\xi_{y_j x_i}$.

Комбінований метод здійснюється в декількох варіантах.

1. Використовується наявна теоретична вихідна модель, яка повністю або частково підходить до реальних умов. Цю модель доповнюють відсутніми в ній вхідними параметрами, які наближають її до реальних умов. Виконують це за допомогою невеликого числа експериментів. За більш уточненою вихідною моделлю виводять всі практичні розрахункові формули.

2. За допомогою теорії подібності й аналізу розмірностей конструюють модель вихідної залежності. Усі коефіцієнти визначають за результатами невеликого числа дослідів. Потім звичайними способами знаходять рівняння полів розсіювання та відхилень або на тій же теоретичній основі конструюють рівняння полів розсіювання та відхилень, а всі коефіцієнти визначають дослідним шляхом.

Метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло), або метод машинного експерименту, або метод імітаційного моделювання. Для виконання розрахунків цим методом необхідно знати: за можливості більш повну та точну модель вихідної залежності (2.2) і моделі щільності ймовірності всіх вхідних факторів $\varphi_i(x_i)$ і зовнішніх збурювань. Метод реалізується на ЕОМ. Необхідні також генератори для тих законів розподілу, якими описуються розподіли вхідних факторів, що й збурюють. Цей метод може бути застосований як для лінійних, так і для нелінійних вихідних моделей. До числа його переваг слід віднести те, що його реалізація не вимагає постулювання положень, які неминучі при використанні інших аналітичних методів. У таких випадках звичайно ухвалюють, що заміна нелінійних моделей лінійними не вносить істотних похибок у результат розрахунків, хоча

практично це не перевіряють. Отже, метод статистичних випробувань при рішенні багатьох нелінійних задач точності більш коректний. До переваг цього методу можна віднести також:

- одержання таких значень граничних відхилень EJ_y і EI_y , які забезпечують мінімальну величину поля розсіювання ω_y ;
- попутне визначення коефіцієнтів відносного розсіювання K_y і відносної асиметрії a_y вихідної характеристики Y ;
- точне, що не вимагає довільних допущень, визначення функції щільності ймовірності $\varphi(y)$ вихідної характеристики. Все це реалізується для випадку незалежних вхідних параметрів за допомогою програми для ЕОМ. Цим переліком не обмежуються наявні методи розрахунків точності, що забезпечує задані функціональні властивості деталей і машин. Найважливіші фактори, що визначають вибір способу розрахунків точності, такі:
 - етап життєвого циклу виробу: проектування, виготовлення дослідної партії, стабілізоване виробництво, зберігання, експлуатація;
 - масштаб виробництва: одиничне, серійне й масове;
 - тип вихідної моделі: лінійна або лінеаризована й нелінійна. З урахуванням зазначених характеристик виробництва й експлуатації виробів метод розрахунків точності виробів може бути обраний за допомогою табл. 2.2.

Вибір точності є не тільки технічним, але й економічним завданням, тому що забезпечення більш високої точності пов'язано звичайно зі збільшенням затрат. На рис. 2.13 показано, як змінюється вартість виготовлення у випадку різних допусків при номінальному розмірі діаметром 15 мм валу довжиною 100 мм, отвору діаметром 30 мм при продуктивності 1000 шт. на місяць. У підписі до рисунку зазначено, як змінюються операції технологічного процесу, а у зв'язку із цим і вартість виготовлення. З рис. 2.13 видно, що зі зменшення допуску від 10 до 5 мкм, тобто в 2 рази, затрати на виготовлення збільшуються в 3 рази. Це необхідно враховувати при вирішенні задачі вибору вимог до точності виробу. Крім того, треба брати до уваги й умови експлуатації виробу, обмеження на його характеристики, процеси виготовлення й експлуатації. Тому залежно від виду (2.2) включають також зазначені фактори й широко використовують методи оптимізації. При цьо-

му оптимізують як параметри виробу, так і вимоги до їхньої точності. Інформацію про застосовувані при цьому методів оптимізації наведено нижче.

Таблиця 2.2 – Вибір методу розрахунків точності

Методи розрахунку	Етап створення виробів					
	Проектування виробу		Дослідна партія		Налагоджене виробництво	
	Тип виробництва					
	одиничне		дрібносерійне		серійне й масове	
	Тип первинних моделей					
	лінійні та лінеарізовані	нелінійні	лінійні та лінеарізовані	нелінійні	лінійні та лінеарізовані	нелінійні
Аналітичні та графоаналітичні граничних віхилень (максимума-мініму-ма)	+	+	+	+		
імовіростний малих прирощувань	+		+		+	+
Експериментальні:						
регресивних рівнянь					+	+
законів розподілу					+	+
малих прирощувань			+	+	+	+
Комбіновані:						
метод з використанням нульової розмірності			+	+	+	+
метод, який базується на теорії подібності та аналізі розмірностей			+	+	+	+
Статистичних випробувань (метод Монте-Карло)	+	+	+	+	+	+

* Реалізується для первинних моделей типу $y = ax_1^{\alpha_1}, \dots, x_n^{\alpha_n}$ та для однорідних моделей першого порядку

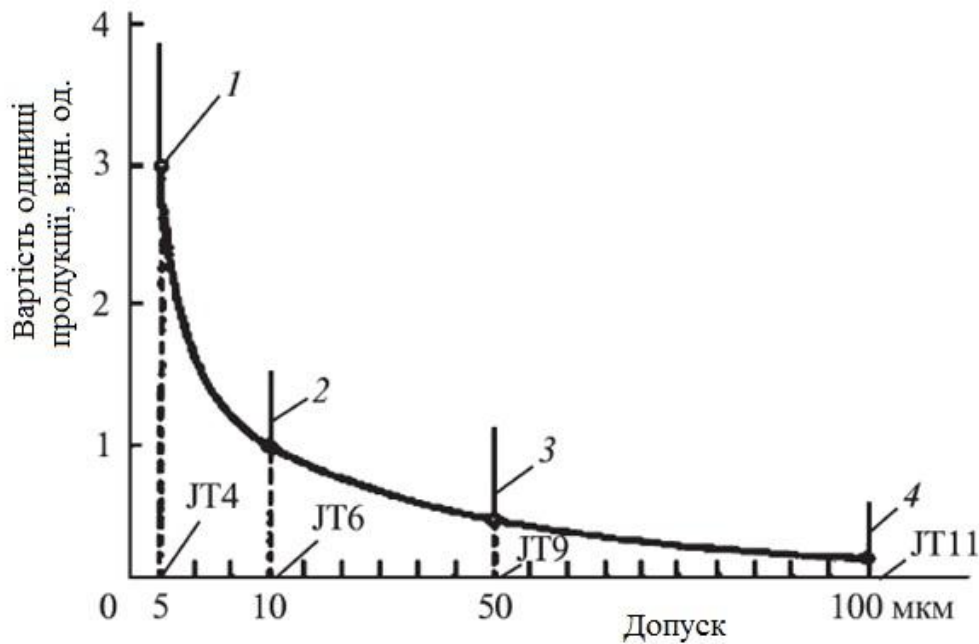


Рисунок 2.13 – Залежність вартості виготовлення від значення допуску:

1 – вал (заточування, шліфування, доведення); отвір (свердління, шліфування, доведення); 2 – вал (заточування, шліфування); отвір (свердління, шліфування); 3 – вал (заточування); отвір (свердління, розгорнення); 4 – вал-«серебрянка»; отвір (свердління)

Методи оптимізації параметрів виробів і їхньої точності. Загальні положення

В основі оптимізації параметрів і точності виробів лежать функціональні моделі, що зв'язують експлуатаційні (функціональні) показники якості виробів з його параметрами, умовами експлуатації й виготовлення, вимогами до точності. Підвищенню точності цих моделей сприяє комплексний характер постановки й рішення задачі оптимізації. При комплексній оптимізації проводиться не тільки одночасна, але й спільна оптимізація сукупності параметрів. Границі комплексності визначають сукупність параметрів виробів і факторів, що спільно оптимізуються і враховуються при оптимізації параметрів, які й впливають на оптимальні значення. У комплексній оптимізації не вся сукупність функціональних елементів виробу оптимізується спільно. Елементи виробу можуть розбиватися на групи, кожна з яких оптимізується окремо. При цьому допускається включення одного і того ж самого елемента у дві й більш групи. Крім того, деякі параметри, що оптимізуються, можуть бути не записані в явному вигляді, наприклад, узагаль-

нені показники якості, і, навпаки, не всі параметри оптимізуються, частину їх може бути задано у вигляді обмежень. Комплексність оптимізації необхідна для підвищення якості виробів машинобудування.

Теоретична оптимізація. До теоретичних методів оптимізації з формалізацією мети й обмежень належать методи, у яких при оптимізації детально враховують всі істотні фактори й описують необхідні залежності з повною реалізацією загальної схеми оптимізації. Оптимізація параметрів виробів за допомогою цих методів складається з укрупнених етапів:

- створення доцільної математичної моделі оптимізації;
- обчислення оптимальних значень параметрів і їхніх змін у часі із застосуванням цієї математичної моделі. Етап містить у собі вибір обчислювального алгоритму, складання програми для ЕОМ з реалізацією зворотнього алгоритму, проведення обчислень на ЕОМ за складеними програмами;
- аналізу результатів, зіставлення їх з теоретичними прогнозами й даними натурного експерименту. Із зіставлення з'ясовується, чи вдало обрані математична модель і обчислювальний алгоритм. При необхідності їх уточнюють й обчислення повторюють на більш досконалішій основі. Математична модель оптимізації параметрів виробів машинобудування є формалізованою науковою абстракцією, що описує процес функціонування виробів у загальному випадку на всіх етапах його існування таким чином, що при її використанні можна розраховувати оптимальні значення параметрів якогось виробу. Основою при складанні математичної моделі оптимізації служить математичний опис різних цілей, створення й застосування виробу, обмежень за науково-технічними, виробничими і експлуатаційними можливостями. Математичні моделі ділять: за комплексністю параметрів, що оптимізуються, на автономні й зв'язані; за комплексністю об'єктів стандартизації, що оптимізуються, на базову й робочу математичні моделі оптимізації. Вихідними для оптимізації змінних параметрів – *безперервних* x , y , z і *дискретних* u , v , w – є три групи залежностей математичної моделі оптимізації:

- цільова функція

$$\Pi = f(u; v; w; \dots; x; y; z);$$

- математичні моделі функціонування (функціональні обмеження):

$$S_1 = f_1(u; v; w; \dots; x; y; z),$$

$$S_2 = f_2(u; v; w; \dots; x; y; z);$$

- зональні обмеження у вигляді нерівностей:

$$x_{\min} < x \leq x_{\max},$$

$$y_{\min} \leq y,$$

$$w \leq w_{\max}$$

і рівнянь:

$$z = z_j,$$

$$S_i = S_{i\max}.$$

Теоретичні методи оптимізації, що застосовуються, систематизовано в табл. 2.3.

При виборі методу оптимізації для обчислення оптимальних значень параметрів необхідно враховувати такі ускладнення: обсяг обчислень, складність самого методу, розмірність завдання і т.п. Доцільно проводити, за можливістю, попередні оцінки положення оптимуму якоїсь конкретної задачі.

Принципи складання цільових функцій. Цільова функція є математичним описом залежності мети (критерію оптимальності) виробу від величин показників якості та функціональних параметрів. При оптимізації цільова функція є функцією від параметрів виробу й часу, екстремальне (максимальне або мінімальне) значення якої треба одержати в результаті оптимізації. Необхідність складання цільової функції для оптимізації вимог до якості виробів впливає з такого. Можна розробити об'єктивні методи оцінки та визначення оптимальних значень параметрів. Ці оцінки та значення не залежать від бажань, упередженостей або забобонів дослідника або від того, хто й де проводить дослідження при конкретній меті застосування виробу. Однак не може бути об'єктивності в змісті незалежності від

мети застосування виробу. Дослідник при визначенні оптимальних вимог до виробу може привести у відповідність значення параметрів виробів. Крім того, він може ясніше сформулювати мету, оцінивши її реальність, відповідність іншим цілям, визначивши затрати, з якими пов'язано досягнення цієї мети. Не можна визначити, який варіант найкращий, необхідно обмежитися рішенням більш простого завдання: математично сформулювати конкретну мету, тобто скласти цільову функцію та визначити, які параметри найбільше відповідають цій меті за певних умов (обмежень).

Таблиця 2.3 – Теоретичні методи оптимізації

Методи оптимізації	Вирішувані задачі
Аналітичні методи	
Аналітичний пошук екстремуму	Детерміновані задачі, які описуються диференціальними рівняннями
Методи множників Лагранжа	Детерміновані задачі, які описуються диференційованими функціями з обмеженнями у вигляді рівностей
Варіаційні методи	Критерій оптимальності у вигляді функціоналів
Метод максимуму Пантягіна	Задачі широкого класу, особливо для задач одночасної і сумісної оптимізації параметрів та допусків
Методи математичного програмування	
Геометричне програмування	Оптимізація алгебраїчних функцій
Лінійне програмування	Характерні задачі: оптимізація параметрів виробів та допусків геометричних параметрів
Статистичні методи	
Регресійний аналіз, кореляційний аналіз	Об'єкти без детермінованого опису. Оптимізація та планування експерименту

Цільову функцію часто записують у вигляді

$$Ц = \frac{E}{Z} \rightarrow \max ,$$

при цьому ефекти E (визначаються показниками якості) і затрати Z допускається виражати в технічних, грошових або умовних одиницях. Для спрощен-

ня завдання іноді можна прийняти $E = \text{const}$ (наприклад, коли фіксовані показники якості, які задовольняються), і тоді цільова функція здобуває вигляд:

$$Ц = Z \rightarrow \min .$$

Якщо фіксовані затрати $Z = \text{const}$, то цільовою функцією можна вважати:

$$Ц = E \rightarrow \max .$$

Іноді цільовою функцією є мінімум часу виконання деякої роботи, мінімум деякої функції втрати й т.п. Цільовою функцією може бути й складна функція параметрів об'єму й часу. Більшість розрахунків при оптимізації параметрів виробів машинобудування проводиться за цільовими функціями технічного виду, тобто використанням тільки технічних одиниць виміру. При необхідності порівняння різних за фізичним характером параметрів користуються цільовими функціями, вираженими в грошовій формі. У якості цільової функції іноді приймаються залежності маси, потужності, виду енергії (потенційна, кінетична), коефіцієнта корисної дії, навантаження й інші критерії в технічних одиницях виміру. У загальному випадку оптимізацію можна виконувати тільки за однією цільовою функцією, а точніше – при оптимізації можна максимізувати (мінімізувати) тільки одну цільову функцію. Для оптимізації з урахуванням багатьох цілей деякі з них іноді не включають у цільову функцію й розглядають як обмеження або проводять багаторазову оптимізацію за різними цільовими функціями, кожна з яких враховує всі цілі, і ухвалюють рішення після аналізу отриманих результатів. При оптимізації складних виробів часто буває важко вибрати та формалізувати одну цільову функцію з єдиним критерієм оптимальності й у підсумку звести завдання оптимізації до виду:

$$Ц = F(x) \rightarrow \min .$$

Зазначені ускладнення можна значно зменшити, якщо вдасться виділити набір локальних критеріїв $f_i(x)$, які є порівняно простими функціями

від вектора параметрів, що оптимізуються, а критерій $F(x)$ – монотонна функція локальних критеріїв

$$F(x) = \psi(f_1(x), \dots, f_m(x)).$$

Критерій $F(x)$ називають *глобальним* критерієм. *Локальними критеріями* можуть бути приватні характеристики виробу: маса, габаритні розміри, швидкість, вартість, надійність. В окремих випадках завдання пошуку оптимальних рішень можна вирішувати з декількома критеріями:

$$F(x) \rightarrow \min .$$

Розглянемо приклади

Приклад 1. Дано дві цільові функції F_1 і F_2 із зональними обмеженнями на F_2 і x :

$$F_1 = f_1(x),$$

$$F_2 = f_2(x),$$

$$F_2 \leq F_2^{\max},$$

$$x \leq x_{\max}$$

З рис. 2.14 а знаходимо оптимальні значення цільових функцій і параметра x .

Приклад 2. Дано три цільові функції F_1 , F_2 , F_3 із зональним обмеженням $F_2 \leq F_2^{\max}$. У цільових функціях критерії оптимальності F_1 і F_2 залежать від змінних x , y . Прийmemo F_3 за запропонований критерій, F_4 – за критерій із зональним обмеженням. Об'єднавши перші три критерії в один підстановкою через змінні x і y , одержимо $F_1 = f_4(F_2, F_3)$. Оптимальне значення цільових функцій знаходимо з рис. 2.14 б.

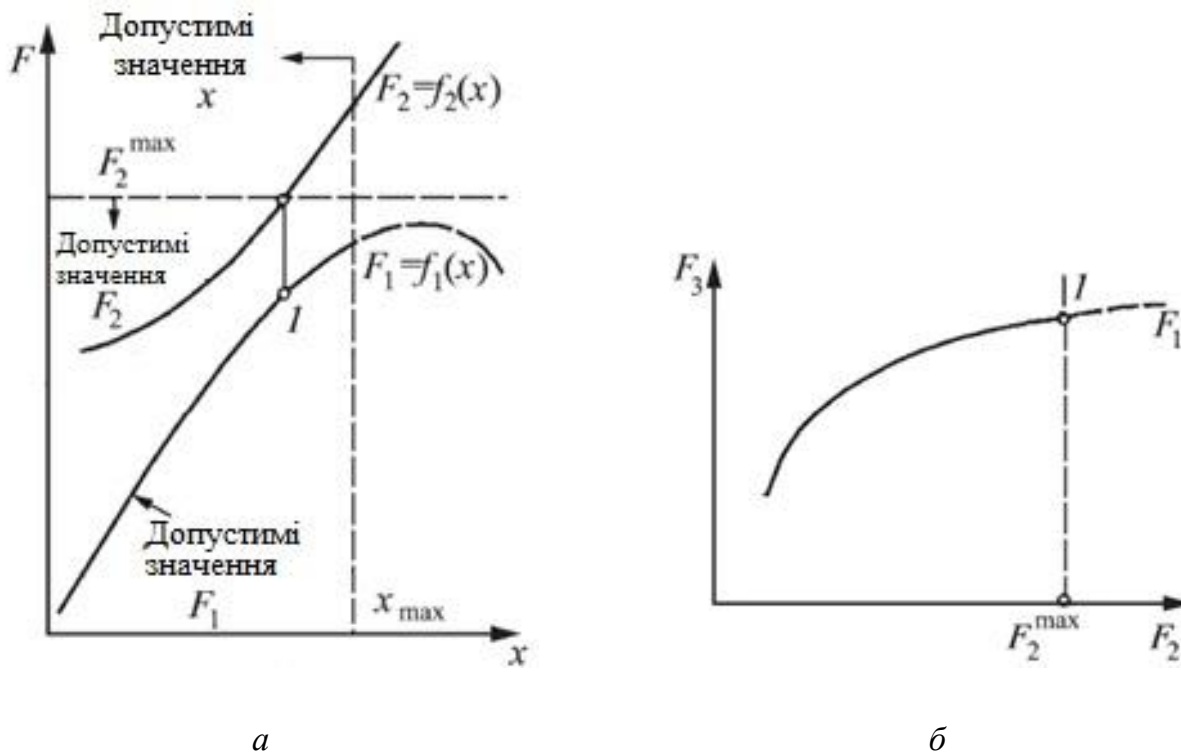


Рисунок 2.14 – До розгляду прикладів 1 (а) і 2 (б):
 I – оптимальне значення цільових функцій

Експериментальна оптимізація виробів

Загальні положення. Особливість експериментальної оптимізації полягає в тому, що конкретний вигляд залежностей, що формують безліч припустимих значень параметрів і умов функції, невідомий, тоді як застосування теоретичних методів вимагає попереднього визначення цих залежностей. Експериментальна оптимізація здійснюється на реальному виробі, макеті або фізичній моделі на відміну від теоретичної оптимізації, основу якої становить дослідження відповідної математичної моделі. При проведенні експериментальної оптимізації необхідно розрізняти два випадки:

- повної поінформованості про цільову функцію та параметри, коли їхні значення безпосередньо вимірюють при експерименті;
- непрямих вимірів, коли значення цільової функції та параметрів обчислюють за результатами експерименту.

Процес експериментальної оптимізації виробів містить у собі наступні процедури:

- вивчення виробу;

- вибір критерію оптимізації, номенклатури суттєвих параметрів виробу, встановлення обмежень на область припустимих значень параметрів;
- розробку, виготовлення та налагодження експериментальної установки;
- вибір критерію оптимізації експериментального плану, визначення обмежень на вибір експериментального плану;
- складання плану експерименту;
- проведення експерименту;
- аналіз результатів і обробку даних експерименту;
- корегування плану експерименту та повторні експерименти за скоорегованим планом;
- ухвалення рішення та формулювання рекомендацій.

У ряді випадків можна спростити процес оптимізації, підвищити його ефективність і точність результатів шляхом застосування експериментально-теоретичних методів оптимізації, у яких частину об'єктів описують аналітичними залежностями (можливо, навіть напівемпіричними), а іншу частину представлено фізичним макетом або реальним виробом. При експериментальній оптимізації експериментальні роботи здійснюють на основі математичної теорії планування експерименту. Вона являє собою процедуру вибору умов проведення дослідів і встановлення їхньої кількості, а також вибору методів статистичної обробки результатів експерименту та прийняття рішень. Організація експерименту на основі математичної теорії планування експерименту дає можливість оптимізувати процес експериментального дослідження. На рис. 2.15 наведено схему експериментального методу оптимізації двох показників якості P_1 і P_2 деякого виробу. Установка для оптимізації складається з макета виробу, що оптимізується, виміральної апаратури й обчислювального обладнання. Макет повинен бути побудований так, щоб можна було застосувати значення показників якості, які оптимізують. Для кожної комбінації значень цих показників вимірюють такі функції $v_1 > v_2$, які використовують для обчислення цільової функції C . Потім за обмірюваними значенням показників обчислюють значення цільової функції. За цими результатами можна побудувати деяку поверхню, за якою знаходять максимальне значення цільової функції. Відповідні значення показників якості й будуть оптимальними.

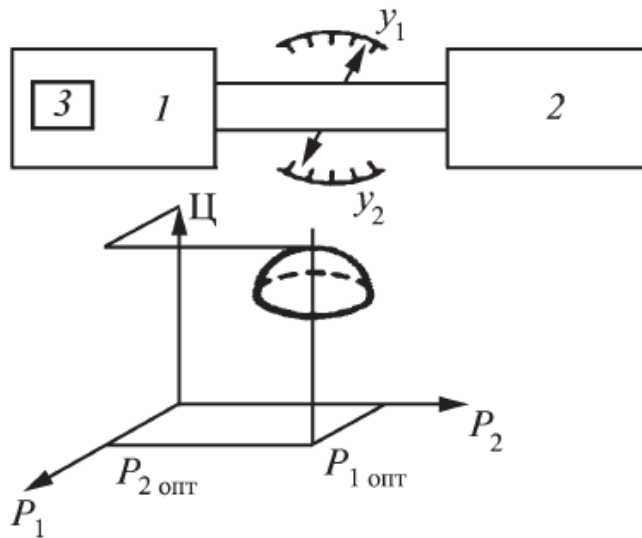


Рисунок 2.15 – Схема експериментальної оптимізації:

1 – об'єкт оптимізації (зразок, макет);

2 – обчислення цільової функції $\mathcal{C} = f(y_1; y_2)$;

3 – змінний елемент

Найкращу організацію експерименту визначають в процесі його оптимального планування. Для постановки завдання оптимального планування експерименту необхідно, виходячи з мети експерименту, сформулювати систему спеціальних показників якості експерименту, а також обмеження. Показники якості експерименту є вихідними величинами при визначенні критерію оптимальності експериментальних планів і ці показники одержали найбільше поширення (табл. 2.4). Обмеження на вибір експериментального плану формують на основі вимог, пропонованих до проведення експериментальних робіт. Вони визначаються інтервалами варіювання значень параметрів, які оптимізують, припустимими діапазонами виміру показників якості експерименту. Якщо експериментатор може розпоряджатися величинами або функціями, від яких залежить критерій оптимальності експериментального плану, то стає можливою змістовна постановка задачі оптимального планування експерименту. Вона полягає у виборі такого плану експерименту, при якому мінімізують (максимізують) критерій якості експерименту й обирають обмеження на вибір експериментального плану.

Використання апріорної інформації. Вдале вирішення задачі пошуку математичного опису якості виробу (завдання ідентифікації), а отже, і за-

вдання оптимізації його параметрів у значній мірі залежить від наявної в розпорядженні експериментатора апріорної інформації. *Апріорною* називають інформацію, одержувану в результаті попередніх досліджень, тобто до початку деякого експерименту. Джерелами апріорної інформації є довідники, довідкові посібники й інша література, теоретичні або емпіричні залежності (у тому числі й наближені) параметрів, які оптимізують, від інших відомих величин, а також нормативна документація, що регламентує значення параметрів елементів виробу. У ході експерименту апріорна інформація повинна корегуватися, тому що результати попередніх досліджень можуть виявитися неточними, неприйнятними для необхідних умов експерименту, що проводиться, або навіть помилковими.

Апріорну інформацію при її наявності слід використовувати для одержання уявлення про характер цільової функції (тобто про ступінь впливу невеликих змін параметрів, які оптимізують, на її значення), параметри, що оптимізують у ході експерименту, при найкращих умовах проведення експерименту. Будь-якій групі дослідів повинен передувати етап неформалізованих рішень на вибір локальної області зміни параметрів. При цьому оцінюють та уточнюють межі області зміни параметрів, що встановлені, виходячи з функціональних обмежень або інших міркувань. При визначенні зазначеної області, а також виборі інтервалів варіювання значень параметрів, які оптимізують, більшу допомогу може виявити аналіз апріорної інформації, оскільки вона пов'язана з неформалізованим етапом планування експерименту. При постановці задачі оптимального планування експерименту слід мати на увазі, що модель оптимізації якості виробу (цільова функція, обмеження) і критерій оптимальності експериментального плану доповнюють один одного в сенсі обліку апріорної інформації.

Ідентифікуючий експеримент. Ідентифікуючий експеримент призначено для побудови математичної моделі якості виробу (процесу). Він полягає у відновленні невідомого оператора за експериментальними даними, тобто у визначенні структури моделі й оцінюванні її коефіцієнтів відповідно до деякого заздалегідь встановленого критерію. Під оператором розуміються різні математичні, а також логічні дії.

Процедура ідентифікації передбачає такі етапи:

- визначення конкретного виду пошукового оператора;

- вибір методу оцінювання та визначення оцінок невідомих коефіцієнтів, параметрів і цільової функції об'єкту;
- визначення дисперсій отриманих оцінок;
- перевірку адекватності моделі, тобто встановлення ступеня погодженості експериментальних даних, за якими будувалася модель, з розрахунковими, отриманими за допомогою моделі.

Завдання оптимальної ідентифікації можна класифікувати за такими ознаками:

- рівню апріорної інформації за ідентифікованим виробом (процесом);
- критерію оптимальності процедури ідентифікації й алгоритму оцінювання;
- обмеженням за умови проведення ідентифікуючого експерименту.

Залежно від наявності апріорної інформації щодо пошукового оператора слід розрізняти три випадки:

- структура оператора відома;
- пошуковий оператор належить до заданого класу операторів;
- структура оператора невідома.

Найбільш сприятливий перший випадок. У загальному випадку випробувані аналітичні залежності, що визначають цільову функцію оптимізації та обмеження, невідомі. За умови безперервності можливі:

- розкладання їх, наприклад, у ряд Тейлора;
- представлення у вигляді поліномів у межах малої області параметрів, що варіюють.

У цьому зв'язку в плануванні ідентифікуючого експерименту широке застосування знайшли повний і дробовий факторний експерименти, які дозволяють підбирати для опису локальної області цільової функції й обмежень поліноміальні моделі. У деяких випадках більш природнім апаратом наближення виявляються функції, що мають розриви похідних. Методологія планування ідентифікуючого експерименту в значній мірі залежить від природи якості досліджуваного виробу. Насамперед необхідно розрізняти статичні та динамічні об'єкти. Методи статичної ідентифікації, залежно від характеру розв'язуваних задач і рівня інформаційного забезпечення, базуються на регресійному, кореляційному, дисперсійному аналізі й інших методах математичної статистики.

Таблиця 2.4 – Критерії оптимальності планів експериментів

Критерій оптимальності	Інтерпретація (визначення) критерію	Застосовуваність критерію
Критерії, пов'язані з дослідженням коваріаційної матриці D		
Критерій ортогональності експериментального плану	План, що забезпечує: $\rho(b_i, b_j) = 0; i \neq j,$ називається <i>ортогональним</i> Тут ρ – коефіцієнт кореляції оцінок коефіцієнтів b_i та b_j моделі, яка застосовується для рішення поставленої задачі. Для такого плану коваріаційна матриця D є діагональною і $\sum_{i=1}^N \rho_{iN} \rho_{jN} = 0,$ де N – число дослідів	Для отримання незалежності оцінок коефіцієнтів моделі
Критерій D - оптимальності	План, який забезпечує мінімум визначальника матриці D ($\min \det D$), називається D - оптимальним	Для отримання оцінок коефіцієнтів моделі, які володіють мінімальною узагальненою дисперсією
Критерій A - оптимальності	План, який забезпечує мінімум сліду матриці D ($\min \text{tr } D$), називається A - оптимальним	Для отримання оцінок коефіцієнтів моделі, які володіють мінімальною середньою дисперсією
Критерій E - оптимальності	План, який забезпечує мінімум найбільшого власного значення матриці D ($\min \max \lambda$), називається E - оптимальним	Для отримання оцінок коефіцієнтів моделі, які володіють обмеженими дисперсіями та коваріаціями
Критерії, які визначають прогностичні властивості моделі (пов'язані з оцінкою міри точності передбачення $E = (e_{ij}) = (p^T D p)$)		
Критерій G – оптимальності	План, який забезпечує $\min \max e_{ij}$ називається G - оптимальним	Для одержання обмежених значень дисперсій передбачення
Критерій Q – оптимальності	План, забезпечуючий $\sum_{i=1}^N e_{ij}$, йменується Q - оптимальним	Для одержання мінімальної середньої дисперсії передбачення
Критерій ротатабельності	План, який забезпечує $E = f(p)$, називається ротатабельним, тобто міра точності передбачення E обумовлюється тільки відстанню p від центру плану, де: $p = \left(\sum_{i=1}^N p_{ij}^2 \right)^{1/2}$	Для одержання постійної дисперсії передбачення на рівних відстанях від центра експеримента
Критерій уніформності	План, який забезпечує крім ротатабельності умову $E = \text{const}$ в деякій області навкруги центра експеримента, називається <i>уніформним</i>	Для забезпечення сталості дисперсії передбачення
Примітка: e_{ij} – точність передбачення i -того та j -того коефіцієнтів моделі		

Планування ідентифікуючого експерименту для динамічних об'єктів відрізняється значно більш широкими можливостями впливу на точність оцінюваних коефіцієнтів. Методи ідентифікації динамічних об'єктів базуються на кореляційній теорії випадкових функцій, застосуванні фільтрів Віллера, Калмана, Бьюсі, навчальних моделей і вінеровської теорії нелінійних систем.

Екстремальний експеримент. Екстремальний експеримент призначено для визначення оптимальних вимог до виробу. При плануванні екстремальних експериментів слід застосовувати методи таких груп:

- метод крутого сходження;
- еволюційне планування;
- послідовний сімплексний метод.

Напрямок подальшого розвитку методів планування екстремальних експериментів пов'язаний з розширенням галузі їх застосування. Один з підходів розвитку цього напрямку полягає в розробці відповідних модифікацій звичайних чисельних методів оптимізації з урахуванням випадкових помилок, вимірів.

У випадку динамічних об'єктів планування ідентифікуючого експерименту відрізняється значно більш широкими можливостями впливу на точність оцінюваних коефіцієнтів.

Статистичний аналіз даних експерименту. При формуванні статистичної вибірки виникають такі задачі:

- формування представницької вибірки достатнього обсягу;
- визначення сукупностей незалежних і однорідних об'єктів;
- вироблення критеріїв однорідності;
- розробки методів обробки експериментальних даних.

Експериментальна оптимізація якості виробів може базуватися на двох типах експериментальних даних:

1) «просторовому розрізі» сукупності даних або статистичних даних про властивості групи однотипних об'єктів, спостереженнях у фіксований момент часу;

2) «тимчасовому розрізі» сукупності даних для одного об'єкта, тобто часовому ряді, породжуваному досліджуванним об'єктом протягом кінцевого відрізка часу.

Для обробки експериментальних даних застосовують методи математичної статистики: регресійний, кореляційний, дисперсійний і факторний аналізи. Вибір методу обробки визначають планом експерименту, математичною моделлю, характером експериментальних даних, вимогами до точності та вірогідності результатів експериментів. Традиційний підхід до задач оптимального планування експерименту полягає у фіксуванні способу оцінювання (наприклад, метод найменших квадратів) і пошуку плану, оптимального для цього фіксованого способу, тобто допускається роздільне вивчення завдань планування й оцінювання. Ефективність статистичного аналізу експериментальних даних визначають точністю й вірогідністю його результатів. Точність і вірогідність результатів експериментальної оптимізації визначають надійністю вихідних даних, точністю їхньої обробки, а також адекватністю математичної моделі якості виробу.

Точність розмірів деталей і експлуатаційні властивості машин

Точність розмірів деталей впливає на такі експлуатаційні характеристики машин: міцнісні, вібро-акустичні, кінематичні. До міцнісних, як найбільш важливих характеристик, належать: міцність деталей при вигині, крутінні, зрушенні, зрізі, контактна міцність, зносостійкість деталей, міцність і надійність посадок з натягом, перехідних або із зазором. Зміна розмірів деталей, що піддаються при експлуатації різним навантаженням, знижує або підвищує їхню міцність. Якщо розміри деталей перебувають у межах раціональних допусків, ця зміна міцнісних характеристик є незначною. Ряд методів розрахунків таких допусків був розглянутий вище. Похибки розмірів деталей машин не тільки викликають зміни номінальних, середніх значень напруги у цих деталях при заданому загальному навантаженні, але й підсилюють нерівномірність цих напруг у різних перерізах деталей або в різних напрямках одного перерізу.

Ступінь нерівномірності напруг у деталях (концентрація навантаження) залежить не тільки від похибок виготовлення, але й від конструкції складальних вузлів, виду зовнішнього навантаження, сил тертя, нерівномірного зношування деталей, їхніх пружних деформацій.



2.4.2. Рекомендації з попереднього вибору вимог до точності розмірів і посадок деталей машин

Попередній вибір вимог до точності розмірів і посадок деталей машин проводять звичайно за аналогією із зазначеними вимогами до деталей, що мають досвід успішної експлуатації в умовах, близьких до розглянутих. Потім працездатність, можливість виготовлення та складання й економічну ефективність спроектованих деталей і вузлів машин слід перевірити розрахунковим або експериментальним методами. Можливе й комплексне використання цих методів.

Вибір допусків (квалітетів)

Нижче буде наведено матеріали, що узагальнюють виробничий досвід, який дозволяє вибрати точність розмірів деталей, виходячи з галузі їхнього використання. Квалітети точності 4 і 5 використовують при установці точних підшипників для шпінделів і приладів, установці високоточних зубчастих коліс, поршневих кілець у поршнях і шатунній голівці і т.п. Часто при цьому посадки квалітетів 4 і 5 забезпечують виготовленням за більш грубими квалітетами з наступним виміром і виділенням груп деталей, розміри яких не перевищують допусків квалітетів 4 і 5. Це припущення називається *селективним складанням* або *складанням за методом групової взаємозамінності*, і при ньому не забезпечується повна взаємозамінність. Вали й отвори квалітетів 6 і 7 застосовують найбільш широко у всіх галузях машинобудування для відповідальних сполучень:

- при установці підшипників кочення нормальної точності (зазвичай перехідні посадки);
- зубчастих коліс середньої точності;
- підшипників рідинного тертя; для рухливих з'єднань у кривошипно-шатунних механізмах двигунів внутрішнього згоряння і т.п.

Вали й отвори квалітетів 8 і 9 застосовують для одержання відносно більших зазорів і натягів:

- для швидкообертових валів при необхідності компенсації більших відхилень форми;
- для опор ковзання середньої точності в умовах напіврідинного тертя і т.п.

Ці квалітети часто використовують в тракторо- і приладобудуванні, у відповідальних вузлах сільськогосподарських машин. Вали й отвори квалітету 10 застосовують в тих же випадках, що й попередні квалітети, коли умови експлуатації допускають більші коливання зазору й натягу в з'єднанні. Вали й отвори квалітетів 11–13 використовують для грубих з'єднань: кришок, фланців, у з'єднаннях штампованих деталей, у сільськогосподарських машинах, деталях з пластмас і т.п. Наведені рекомендації досить орієнтовні. Необхідно звернути увагу на те, що для сполучень використовують тільки вісім квалітетів для отворів (5–12) і дев'ять квалітетів для валів (4–12). Інші квалітети застосовують для окремих деталей. Точні квалітети використовують для різних заходів, необхідних для виміру, а грубі квалітети – для габаритних розмірів і невідповідальних деталей. Треба також пам'ятати, що при виборі квалітету рекомендуються в основному переважні поля допусків.

Вибір посадок. Вибір посадок в основному зводиться до вибору основних відхилень (тобто літерних позначень). Деякий досвід з комбінації основних відхилень валів і отворів (без вказівки квалітетів) представлено у табл. 2.5, де наведено їхню умовну назву за аналогією з назвою в системі ДСТ (умовні назви якоюсь мірою орієнтують розроблювача креслень). Для цих комбінацій основних відхилень повинні використовуватися раніше рекомендовані квалітети.

Посадки із зазорами призначені для рухливих і нерухливих з'єднань деталей. У всіх системах посадок із зазором міститься значно більше, ніж посадок з натягом і перехідних, оскільки значно частіше при з'єднанні елементів деталей необхідно, щоб одна деталь входила в другу без запресовування. Іноді навіть деталі під зварювання або кріплення гвинтами попередньо з'єднують із зазором. У рухливих з'єднаннях зазор повинен забезпечити вільне переміщення, розміщення змащення, компенсування температурних деформацій, компенсування відхилень форми елементів деталі й розташування, полегшувати складання й компенсувати його помилки і т.п. У нерухливих з'єднаннях посадки із зазором застосовуються для полегшення складання, а їх нерухомість забезпечується шпонкою або кріпленням винтами, штифтами й т.п.

У табл. 2.6 представлено деякі рекомендації із застосування посадок, які наведено у ДСТУ 25347-82 і виділено як кращі для застосування. У

табл. 2.6 зазначено в основному посадки в системі отвор. Саме ці посадки й повинні в першу чергу використовуватися. Посадки в системі вала мають аналогічні характеристики. У дужках зазначено аналогічні посадки за ДСТУ.

Таблиця 2.5 – Рекомендації з вибору посадок

Вид посадки	Поєднання основних відхилень отворів та валів		Умовні названня посадки
	Система отвору	Система валу	
З проміжками	$\frac{H}{a}; \frac{H}{b}; \frac{H}{c}$	$\frac{A}{h}; \frac{B}{h}; \frac{C}{h}$	Посадки з великими щілинами та теплові посадки (ТХ)
	$\frac{H}{d}$	$\frac{D}{h}$	Широкоходова (Ш)
	$\frac{H}{e}$	$\frac{E}{h}$	Легкоходова (Л)
	$\frac{H}{f}$	$\frac{F}{h}$	Ходова (Х)
	$\frac{H}{g}$	$\frac{G}{h}$	Рухома (Р)
	$\frac{H}{h}$	$\frac{H}{h}$	Ковзання (К)
Перехідна	$\frac{H}{js}$	$\frac{JS}{h}$	Щільна (Щ)
	$\frac{H}{k}$	$\frac{K}{h}$	Напружена (Н)
	$\frac{H}{m}$	$\frac{M}{h}$	Туга (Т)
	$\frac{H}{h}$	$\frac{N}{h}$	Глуха (Г)
З натягом	$\frac{H}{p}$	$\frac{P}{h}$	Легкопресова (Пл)
	$\frac{H}{r}; \frac{H}{s}; \frac{H}{t}$	$\frac{R}{h}; \frac{S}{h}; \frac{T}{h}$	Пресова середня (Пр)
	$\frac{H}{u}; \frac{H}{x}; \frac{H}{z}$	$\frac{U}{h}; \frac{X}{h}; \frac{Z}{h}$	Пресова важка (великим натягом) (Гр)

Таблиця 2.6 – Посадки, які мають більші переваги для застосування

Вид спряження	Посадки	Рекомендації по застосуванню
Посадки сковзання	$\frac{H7}{h6}$	Широко застосовувана посадка, яка використовується для нерухомих з'єднань при високих вимогах до точності центрування деталей, що часто розбираються. П р и к л а д и: змінні зубасті колеса в верстатах, фрікційні муфти, установочні кільця, фрези на оправках, центрувальні корпуси під підшипники кочіння в верстатах, автомобілях і т.п. В рухомих з'єднаннях майже не використовуються при зворотньо- поступальному переміщенні поршнів в циліндрах пневмомашин, в шпінделях свердлувальних верстатів
	$\frac{H8}{h7}$	Має таке ж призначення, як і посадка, але з більш широкими допусками. Використовується при більшій довжині з'єднань та коли можна знизити вимоги по центруванню. П р и к л а д и: встановлення наконечників в приладах, при нерухомому з'єднанні зубчастих колес.
	$\frac{H8}{h8}$	Широко використовується для рухомих та нерухомих з'єднань. При нерухомих з'єднаннях використовується для передачі обертового моменту через шпонку, штифт. П р и к л а д и: для центрування фланцевих з'єднань, для центруємих частин машин, які служать в якості корпусів підшипників, при встановленні болтів в голівках шатунів, вкладенів у корпусі роз'ємного підшипника ковзання і т.п. Для рухомих з'єднань використовуються при невисоких вимогах до точності. П р и к л а д и: повзуни на призматичних шпонках пускових механізмів, поршневі золотники в циліндрах, шпінделі клапанів в направляючих деяких двигунів внутрішнього згорання, зубчасті колеса та муфти при повільному руху.
	$\frac{H11}{h11}$	Посадки низької точності. Для грубих рухомих та нерухомих з'єднань. П р и к л а д и: в нерухомих з'єднаннях використовуються для центруючих фланців кришок та корпусів, для з'єднання деталей під зварку або пайку, кришки сальників в корпусах, коліщата тягових ланцюгів, частин колонок, що розклепуються, тощо. В рухомих з'єднаннях для невідповідальних шарнірів та роликів, які обертаються на вісях і т.п.
Посадки рухомі	$\frac{H7}{g6}$	Найбільш розповсюджені при переміщенні з малим проміжком. Використовуються, в основному, для рухомих з'єднань. П р и к л а д и: шпінделі точних верстатів та ділильних голівок, повзуни у направляючих довбальних верстатів, рухомі зубчасті колеса на валах коробок передач, шатунні голівки на шийках колінчастого валу у тракторі, змінні втулки кондукторів і т.п.

Вид спряження	Посадки	Рекомендації по застосуванню
Посадки ходові	$\frac{H7}{f7}$; $\frac{F8}{h6}$	Рекомендуються для помірних швидкостей в рухомих посадках (при обертанні 50 ... 2000 об/хв). П р и к л а д и: при установці підшипників валів в коробках передач, головних валів в токарних, фрезерних та свердлильних верстатах, вали в підшипниках малих та середніх електромашин, ролики в направляючих, поршень в циліндрі гідропресу, зубчасті колеса, що вільно обертаються на валах, зубчасті колеса, які рухаються позовж валів і т.п.
Посадки легкоходові	$\frac{H7}{e8}$; $\frac{H8}{e8}$	Використовуються при обертах (2 ... 25) тис. об/хв або при великих довжинах з'єднань для компенсації прогину деталі. П р и к л а д и: повідний вал в підшипниках круглошліфувальних верстатів, корінні шийки колінчастого валу та шийки розподільного валу в підшипниках двигуна внутрішнього згорання, блок зубчастих колес заднього ходу на осі в вантажних автомашинах, стрижні вилок переключення швидкостей в направляючих, кришки коробок передач автомашин, ходові винти супортів і т.п.
Посадки широкоходові	$\frac{H8}{d9}$; $\frac{H9}{d9}$	Призначені для з'єднань при невисоких вимогах до точності при дуже високих швидкостях: (20 ... 50) тис. об/хв. П р и к л а д и: холості шків на валах, сальники, поршні в циліндрах компресорів і т.п.
	$\frac{H11}{d11}$	Призначені для рухомих з'єднань, які не потребують точності переміщення, а для рухомих – при грубому centruванні. П р и к л а д и: грубі направляючі прямолінійного руху, шарніри та муфти, вільно сидячі на валах механізмів, маслоскидаючі кільця і т.п.

Посадки перехідні призначені для нерухоливих з'єднань, що забезпечують гарне centruвання, але легко розбираються. Натяги й зазори в цих посадках невеликі. Натяги не можуть забезпечити передачу значного обертового моменту, тому такі посадки часто застосовують із додатковим кріпленням (шпонки, штифти, гвинти й т.п.). Найбільш широке застосування перехідні посадки знайшли при установці підшипників кочення. Вибір перехідних посадок найчастіше проводиться за аналогією з добре працюючими з'єднаннями. У табл. 2.7 наведено перехідні посадки, які мають більші переваги застосування та приклади їхнього використання.

Таблиця 2.7 – Перехідні посадки, переважні для застосування

Вид спряження	Посадки	Рекомендації по застосуванню
Посадка щільна	$\frac{H7}{js6}$	У цих посадках більш імовірні щільні, ніж натяги. П р и к л а д и: гільзи у корпусі шпіндельної голівки розточного верстата, зубчасті колеса шпіндельної голівки шліфувальних верстатів, невеликі шківів та ручки маховичка на кінцях валів, стакани підшипників в корпусах і т.п.
Посадка напружена	$\frac{H7}{k6}$	Імовірність отримання натягів або щільні однакова. П р и к л а д и: зубчасті колеса на валах редукторів верстатів та інших машин, шківів, маховики, ричаги та нерознімні ексцентрики на валах, підшипникові втулки в корпусах і т.п.
Посадка глуха	$\frac{H7}{p6}$	Найбільш ймовірно отримання натягів, щільні практично не виникають, з'єднання зазвичай не розбираються. Використовується для посадок важконавантажених зубчастих колес, муфт та інших деталей на валах. П р и к л а д и: зубчасті колеса на валах ковальних машин, черв'ячні колеса на валах, бронзові вінці черв'ячних колес на чугунних ступицях, постійні втулки в корпусах кондукторів, втулки в корпусах підшипників ковзання, установні кільця на валах і т.п.

Посадки з натягом призначені для нерухливих нероз'ємних з'єднань, як правило, без додаткового кріплення. Нерухомість досягається за допомогою напруг внаслідок деформацій. Посадку з натягом одержують при складанні під пресом, з розігрівом деталі, що охоплює (отвору), або охолодженням охоплюваної деталі (валу). Розрахунки посадок з натягом здійснюються з метою визначення міцності з'єднання деталей, що сполучаються. У табл. 2.8 наведено посадки, які мають більші переваги для застосування з натягом, і надано приклади їхнього застосування. Усі наведені рекомендації значною мірою умовні й надані в основному для орієнтації. Правильний вибір допусків і посадок повинен здійснюватися тільки в результаті техніко-економічних розрахунків, а іноді й після виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт.

с
с
с
с
с

2.4.3. Нормування точності форми й розташування поверхонь деталей у машинобудуванні. Основні поняття про точність форми й розташування поверхонь деталей машин і їхні ролі в забезпеченні працездатності машин. Точність форми поверхонь.

Переважна більшість елементів деталей, застосовуваних у машинобудуванні, має найпростішу геометричну форму. В основному це циліндричні поверхні (70 %), плоскі (12 %), значно рідше – зубчасті колеса (3 %) і корпусні деталі (4 %). Одержати ідеальну форму деталей у процесі виготовлення неможливо через похибки верстату, деформації верстату, інструмента й оброблюваної деталі, нерівномірності припуску на обробку, неоднорідності матеріалу і т.п.

Таблиця 2.8 – Найбільш раціональні посадки з натягом

Вид спряження	Посадки	Рекомендації по застосуванню
Легкопресові посадки	$\frac{H7}{r6}$	Характеризуються мінімально гарантованим натягом. Використовуються при малих моментах та осьових силах, при з'єднаннях тонкостінних деталей, де не припустимі великі деформації, для центрування важкоавантажених або швидкообертючих великогабаритних деталей, для посадочних місць підшипників. П р и к л а д и: втулки та кільця в корпусах, втулки та зубчасті колеса передач, бабки токарних верстатів, ущільнюючі кільця на валах для фіксації положення колес на валах редукторів і т.п.
Посадки пресові середні	$\frac{H7}{R6}$ и $\frac{H7}{s6}$ відповідно при $d_{cp} \leq 80$ та > 80 мм	Характеризуються помірними гарантованими натягами (0,0002 ... 0,0006) d_{cp} (d_{cp} - середній розмір інтервалу). Для передачі обертового моменту в межах 700 ... 1200 мм

У той же час викривлення форми елементів деталі приводить до зниження експлуатаційних властивостей цих деталей. Так, у рухливих з'єднаннях відхилення елементів деталі від правильної циліндричної форми спричиняють неплавність її переміщень, швидке зношування через контакт за обмеженою поверхнею. Причому похибки форми деталей і їхнього розташування більшою мірою впливають на зносостійкість і інші експлуатаційні властивості, ніж похибки розмірів деталей. Тому до похибок форми часто висувають більш жорсткі вимоги, ніж до похибок розмірів. Наприклад, допуск на похибки форми шийок колінчатих валів двигунів становить 1/2–1/4 допуску на діаметр цих шийок. Рівномірність зазору в рухливому з'єднанні

деталей залежить від точності їхньої форми. Підвищення цієї точності суттєво подовжує термін служби деталей. Так, зменшення зазору в деталях шарикопідшипника з 20 до 10 мкм збільшує його термін служби з 740 до 1200 годин. У нерухливих з'єднаннях викривлення форми приводить до нерівномірності натягів у з'єднаннях, через що знижуються міцність з'єднання, герметичність і точність центрування. Викривлення форми впливає також на трудомісткість і точність складання, підвищує обсяг приганняльних робіт, позначається на точності базування деталі при виготовленні та контролі. Викривлення форми деталі загрожує й невизначеністю у вимірі розміру, тому що постає проблема присвоєння певного (конкретного) розміру елементу деталі. Усе викладане про вплив викривлення форми елемента деталі на її експлуатаційні властивості робить необхідним введення окремого нормування (встановлення вимог до точності) відносно викривлень форми, що допускаються. Цей параметр одержав назву «відхилення форми». В усьому світі нормується п'ять видів відхилень форми. Це відхилення: від прямолінійності, від площинності, від циліндричності, від круглості й профілю поздовжнього перерізу. Перші два види відхилень ставляться до лінійчатих і, зокрема, до плоских поверхонь. Три інші – застосовують в основному для елементів деталей циліндричної форми. Необхідно відразу ж звернути увагу на правильне використання термінів. У назві видів, що характеризують викривлення форми, скрізь використовують термін «відхилення», і ним необхідно користуватися. Раніше ці види відхилень писали із префіксом «не», тобто «непрямолінійність», «неплощинність» і т.п. Тепер терміни з «не» уживати не можна. Для зручності вказування на кресленні вимог до точності форми (як і в усьому світі) викривлення форми, що допускаються (вони задаються допуском) вказуються разом з умовним знаком (ДСТУ 2.308-79), що ставиться до допуску (табл. 2.9). Нормують звичайно верхнє відхилення, нижнє передбачається рівним нулю. Якщо допуск на відхилення форми поверхні на кресленні не зазначений – виходить, це відхилення повинне перебувати в межах допуску на розмір поверхні. Параметри, нормовані для оцінки відхилень форми, поділяються на комплексні та приватні (диференційовані або елементні) види відхилень. Перераховані в табл. 2.15 види відхилень форми належать до комплексних показників.

Таблиця 2.9 – Позначення допуску відхилень форми

Вид віхилення форми	Знак допуску
Від прямолінійності	—
Від площинності	
Від круглості	
Від циліндричності	
Профіля поздовжнього перерізу	==

Комплексними показниками відхилень форми є відхилення, використовувані для характеристики роботи деталі в умовах експлуатації. Ці параметри задаються нормативними документами, але не завжди забезпечені засобами вимірів (наприклад, відхилення від циліндричності, відхилення профілю поздовжнього перерізу).

Приватними показниками відхилень форми є відхилення певної геометричної форми (наприклад, опуклість, увігнутість, овальність, конусоподібність і т.п.). Це не інші види відхилень форми, крім перерахованих у табл. 2.9, а частковий прояв комплексного показника.

Окремі види відхилень форми забезпечено необхідними методами та засобами вимірювань і більш доступні для практичного використання, ніж комплексні. У табл. 2.9 і 2.10 наведено комплексні й окремі випадки відхилень форми різних поверхонь. На рис. 2.16 показано позначення відхилень форми поверхонь на кресленнях деталей. Таке позначення містить знак виду відхилення форми відповідно до табл. 2.9 і чисельне значення її відхилення. Якщо це відхилення допускається на якійсь довжині, то нормована довжина наводиться в знаменнику дробу. Якщо довжину не позначено, значить відхилення задане для всієї довжини деталі. Виділення окремих випадків відхилень форми дає можливість управляти технологічним процесом і оцінювати вплив підвищення точності форми на експлуатаційні властивості деталей і вузлів.

Таблиця 2.10 – Основні відхилення форми поверхонь

Вид відхилення	Найменування відхилення	Визначення відхилення форми поверхні
Відхилення форми лінійних поверхонь		
Комплексне	Відхилення від прямолінійності в площині	Відхилення реального профілю, номінально прямолінійного, від прилеглої прямої (рис. 2.17 а)
Окреме означення	Опуклість профілю	Відхилення реального профілю від прилягаючої прямої, при якій максимальне відхилення має місце по краях профілю (рис. 2.17 б)
	Угнутість профілю	Відхилення реального профілю від прилягаючої прямої, при якій максимальне відхилення має місце всередині профілю (рис. 2.17 в)
Комплексне	Відхилення від площинності	Найбільша відстань EFE від точок реальної поверхні до прилягаючої площини в межах нормованої ділянки (рис. 2.18, а)
Окреме означення	Опуклість поверхні	Відхилення реального поверхні від прилягаючої площини, при якій максимальне відхилення має місце по краях профілю (рис. 2.18 б)
	Угнутість поверхні	Відхилення реального поверхні від прилягаючої площини, при якій максимальне відхилення має місце всередині профілю (рис. 2.18 в)
Відхилення форми циліндричних поверхонь		
Комплексне	Відхилення від циліндричності	Найбільше відхилення Δ від точок реальної поверхні до прилягаючого циліндру в межах нормованої ділянки (рис. 2.19)
	Відхилення профілю поздовжнього перерізу	Найбільша відстань Δ від точок утворювальних реальної поверхні, які лежать в площині, що проходить через її вісь, до відповідної сторони прилягаючого профілю в межах нормованої ділянки (рис. 2.19)
Окремо означене	Конусоподібність	Відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому утворювальні – прямолінійні, але не паралельні (рис. 2.19)

Вид відхилення	Найменування відхилення	Визначення відхилення форми поверхні
Окремо означене	Бочкоподібність	Відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому утворювальні мають опуклість, а діаметри зростають від країв до середини перерізу (рис. 2.19)
	Сідлоподібність (корсетність)	Відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому утворювальні мають угнутість, а діаметри зменшуються від країв до середини перерізу (рис. 2.19)
Комплексне	Відхилення від круглості	Найбільше відхилення Δ від точок реального профілю до прилягаючого кола у заданому поперчному перерізі (рис. 2.19)
Окремо означене	Овальність	Відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою овалоподібну фігуру (рис.2.19)
	Гранкування	Відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою багатогранну фігуру (рис.2.19). Число граней може бути парним і непарним
Комплексне	Відхилення від прямо-лінійності утворювальних	Максимальне відхилення Δ реального профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні від утворювальних прилягаючого циліндру (рис. 2.19)
Окремо означене	Опуклість утворювальних	Максимальне відхилення Δ реального профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні від утворювальних прилягаючого циліндру, при якому відхилення зростають від середини поверхні до її країв (рис. 2.19)
	Угнутість утворювальних	Максимальне відхилення Δ реального профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні від утворювальних прилягаючого циліндру, при якому відхилення зростають від країв поверхні до її середини (рис. 2.19)
	Відхилення від прямолінійності у просторі	Найменше значення діаметру Δ циліндру, всередині якого розміщується реальна вісь поверхні обертання (лінія) в межах нормованої ділянки (рис. 2.19)

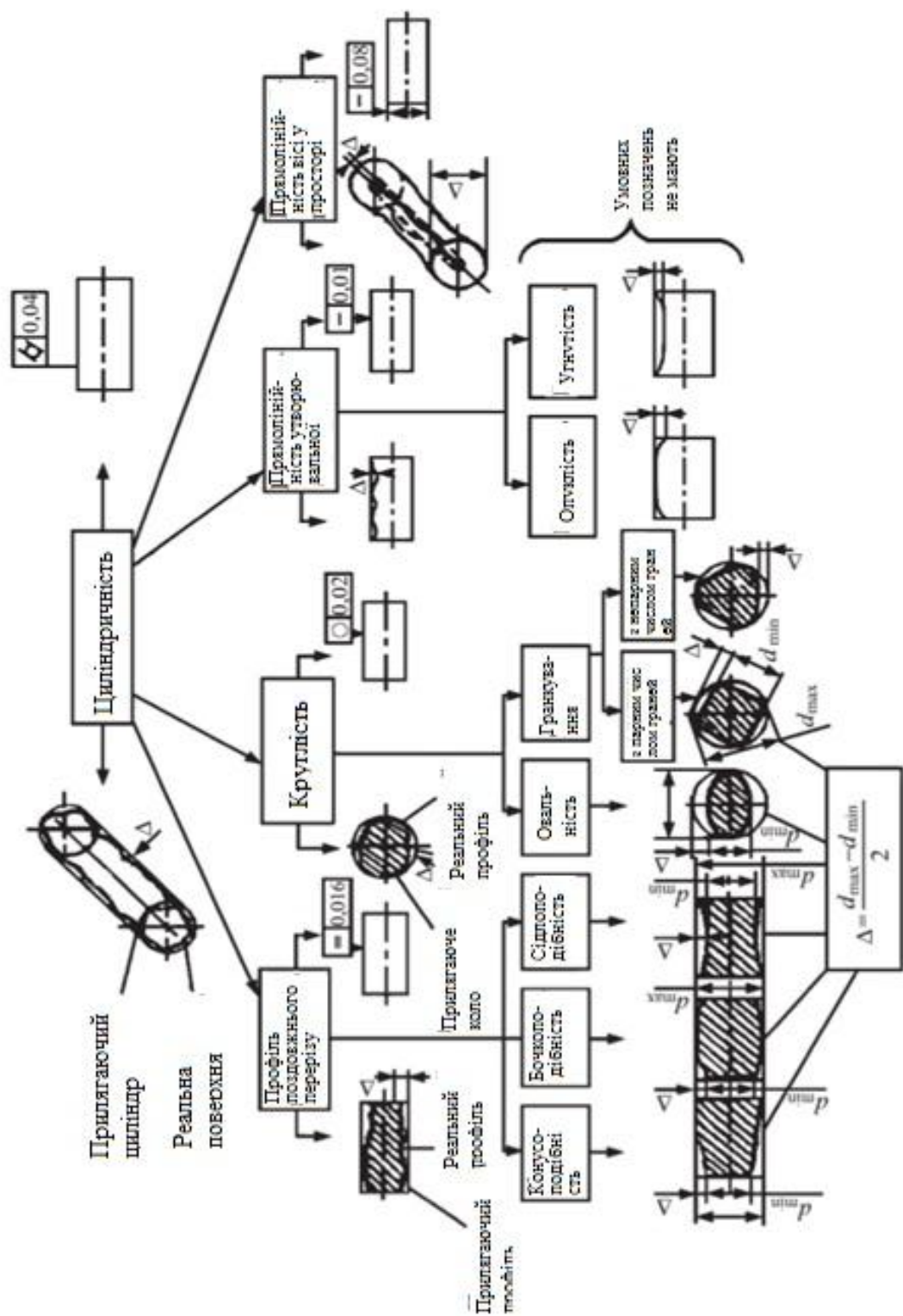


Рисунок 2.16 – Види відхилень циліндричних поверхонь

Точність розташування поверхонь без обліку похибок їхньої форми

Будь-яка, навіть найпростіша, деталь складається з поверхонь декількох елементів, які повинні бути певним чином розташовані одна відносно одної, щоб утворювати конфігурацію деталі. Відхилення розташування значною мірою стосуються корпусних деталей, і виконання цих вимог, значною мірою, визначає труднощі і складності виробництва. Так, якщо деталі типу тіл обертання (вали, отвори) становлять у машинобудуванні 70 % від усіх деталей, а їхня вартість – 45 % від вартості виробництва, то вартість виготовлення корпусних деталей, що становлять 4 % від обсягу виробництва, дорівнює 40 %. Геометричні параметри, якими нормується ця точність, як уже було сказано, називаються *відхиленнями розташування поверхонь*. *Відхиленням розташування* називається відхилення реального розташування елемента, що розглядається, від його номінального розташування. Аналогічно нормуванню точності форми поверхні практично в усьому світі використовуються сім параметрів для нормування вимог до точності розташування. Як і при нормуванні вимог до точності форми, для нормування вимог до точності розташування прийняті знаки допусків, які застосовуються замість тексту для вказівок вимог точності на кресленні (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Позначення допуску при нормуванні вимог до точності розташування поверхонь

Нормований параметр	Знак допуску
Відхилення:	
- від паралельності	//
- від перпендикулярності	⊥
- нахилу	∠
- від сувісності	⊙
- від симетричності	≡
- позиційне	⊕
- від перетинання вісей	×

Відмінною рисою вказівок точності розташування на кресленні є необхідність зобразити зв'язок поверхонь, принаймні, двох елементів, а в деяких випадках і декількох елементів деталі. При нормуванні точності форми доводилося мати справу із вказівкою вимог до точності тільки однієї поверхні елемента деталі.

Точність розташування поверхні з урахуванням похибок їхньої форми

Вимір ряду відхилень розташування поверхонь без обліку похибок їхньої форми (за допомогою поверхонь, що прилягають) викликає значні труднощі. Особливо це стосується відхилень від співвісності, симетричності, перетинання осей, позиційним відхиленням. Крім того, у багатьох випадках точність розташування та точність форми одночасно впливають на експлуатаційні властивості поверхонь елементів деталей, і тому часто недоцільно їх штучно роз'єднувати.

Відхилення, які нормуються єдиним значенням, але стосуються одночасно й відхилення розташування, і відхилення форми, називаються *сумарними відхиленнями*, а нормований допуск – *сумарним допуском* (сума допусків відхилень розташування й форми). Сумарними відхиленнями розташування й форми називається відхилення, що є результатом спільного прояву відхилення розташування та відхилення форми поверхні розглянутого елемента. Для вказування наведених вище сумарних допусків на кресленні вказують два знаки. При цьому спершу вказують знак допуску розташування, а потім знак допуску форми:

- знаки для вказівок сумарного допуску паралельності й площинності;
- знаки для вказівки сумарного допуску перпендикулярності та площинності;
- знаки для вказівки сумарного допуску нахилу та площинності.

Сумарний допуск можна вказувати не тільки знаками, але й, як при відхиленнях форми та розташування, текстом у технічних умовах, особливо якщо нормується комбінація відхилень, для яких не встановлено умовних знаків виду допуску. Однак є такі комбінації відхилень розташування й форми, які постійно використовують при нормуванні точності деталей у вигляді тіл обертання, що становлять у машинобудуванні більше 50%. Для

них було визнано доцільним встановити спеціальні позначки для вказівки допусків на кресленні (табл. 2.12).

Таблиця 2.12 – Сумарні відхилення форми та розташування поверхонь

Види відхилень	Знаки допусків
Радіальне биття, торцеве биття, биття у заданному напрямку	
Повне радіальне та повне торцеве биття	
Відхилення профілю заданної форми	
Теж саме, заданної поверхні	

Умовне зображення на кресленнях цих комбінацій відхилень розташування й форми виконують тими ж способами, як і відхилень розташування поверхонь.

Технологічні джерела виникнення похибок форми та розташування поверхонь деталей машин

Основними факторами, що впливають на появу похибок форми та розташування поверхонь деталей машин при їхній обробці на верстатах є:

- 1) геометричні похибки верстата;
- 2) пружні деформації технологічної системи (ТС) під впливом сил різання;
- 3) вихідні похибки поверхонь у заготовці й на попередніх операціях;
- 4) деформації заготовок під дією сил затискача;
- 5) розмірне зношування різального інструменту;
- 6) похибки виготовлення мірного різального інструменту;
- 7) похибки настроювання верстата;
- 8) теплові деформації ТС;
- 9) залишкові напруги в матеріалі заготовки;
- 10) порушення кінематики процесу обробки.

2.4.4. Рекомендації з попереднього вибору вимог до точності форми та розташування поверхонь деталей машин

У ДСТУ 24643-81 передбачено 16 ступенів точності (від 1 до 16) для допусків форми й розташування поверхонь і номінальних розмірів від 10 до 10000 мм. Причому дозволено продовження рядів допусків у бік більш точних (0; 01; 02 і т.п.) або більш грубих (17, 18 і т.п.) ступенів, а також для більших номінальних розмірів при дотриманні закономірностей побудови рядів, прийнятих у даному стандарті. Допуски форми та розташування поверхонь призначають в тих випадках, коли вони повинні бути менше допуску розміру. Рекомендовано такі рівні відносної геометричної точності, які характеризуються співвідношенням між допуском форми або розташування й допуском розміру:

А – нормальна відносна геометрична точність (для допуску форми або розташування використовують приблизно 60% від допуску розміру);

В – підвищена відносна геометрична точність (для допуску форми або розташування беруть приблизно 40% від допуску розміру);

С – висока відносна геометрична точність (для допуску форми або розташування використовують приблизно 25% від допуску розміру);

При необхідності можна призначати допуски форми або розташування менше за 25 % від допуску розміру.

Допуски форми циліндричних поверхонь, відповідно до рівнів А, В, і С відносної геометричної точності, становлять приблизно 30, 20 і 12% від допуску розміру, тому що допуск форми обмежує відхилення радіуса, а допуск розміру – відхилення діаметра поверхні. У ДСТУ 24643-81 наведено таблиці допусків форми та розташування поверхонь для квалітетів допуску розміру від 4 до 12 для кожного із трьох зазначених рівнів відносної геометричної точності. Рекомендації з вибору відносної геометричної точності форми циліндричних поверхонь надано у табл. 2.13. У табл. 2.14–2.18 представлено рекомендації з попереднього вибору вимог до ступеня точності форми й розташування поверхонь за ДСТУ 24643-81 залежно від умов експлуатації деталей, а також способи обробки, які можуть забезпечити цю точність.



Таблиця 2.13 – Відносна геометрична точність форми циліндричних поверхонь

Відносна геометрична точність	Середнє співвідношення допусків форми та розміру	Приклади використання
Нормальна (А)	60	Поверхні в рухомих з'єднаннях при невеликих швидкостях відносних переміщень та навантажень, якщо не пред'являються особливі вимоги до плавності ходу або мінімальному тертю; поверхні в з'єднаннях з натягом або перехідними посадками при необхідності розбирання та повторного збирання, підвищених вимог до точності центрування та стабільності натягу; вимірювальні поверхні калібрів; технологічні допуски форми при допусках розмірів по квалітетах 4 ... 12, якщо в конструкторській документації допуски форми не вказані.
Підвищена (В)	40	Поверхні в рухомих з'єднаннях при середніх швидкостях відносних переміщень та навантажень, при підвищених вимогах до плавності ходу та герметичності ушільнень; поверхні в з'єднаннях з натягом або перехідними посадками при підвищених вимогах до точності та міцності в умовах великих швидкостей та навантажень, ударів, вібрацій; технологічні допуски форми при допусках розмірів гірше 12-го квалітету, якщо в конструкторській документації допуски форми не вказані; технологічні допуски форми для забезпечення точності контролю розмірів при спрощених методах цього контролю, в тому числі при активному контролі розмірів.
Висока (С)	25	Поверхні в рухомих з'єднаннях при високих швидкостях та навантаженнях, високих вимогах до плавності ходу, зниженню тертя, герметичності ушільнень; поверхні в з'єднаннях з натягом або перехідними посадками при високих вимогах до точності та міцності в умовах впливу великих швидкостей та навантажень, ударів, вібрацій
Особливо висока	<25	Поверхні, до яких пред'являються особливо високі вимоги по забезпеченню кінематичної точності, густини, та герметичності при великих тисках, мінімального тертя, безшумності, максимальної довговічності при важких режимах роботи; деталі, які сортуються на розмірні групи (при числі груп більше п'яти); деталі, які атестуються по розміру з високою точністю.

Примітка: Відхилення форми допускаються в межах усього поля допуску розміру для неспряжуваних поверхонь, до яких не пред'являється особливих конструкторських вимог; поверхонь в з'єднаннях з щільною, якщо остання призначена тільки для забезпечення процесу збирання, а взаємне переміщення деталей або відсутнє, або має епізодичний характер; поверхонь в з'єднаннях з натягом або перехідними посадками, яким не пред'являються особливі вимоги по точності центрування або міцності і які не піддаються повторним збиранням або важким навантаженням (ударам, трясці) в процесі експлуатації.

Таблиця 2.14 – Приклади призначення допусків форми циліндричних поверхонь

Ступінь точності	Приклади використання	Спосіб обробки
1 та 2	Кульки та ролики для вальниць, доріжки кочіння та посадочні поверхні вальниць кочіння особливо високої точності та спряжені з ними посадочні поверхні валів та корпусів; вальницеві шийки шпінделів прецезійних верстатів; деталі особливо точних плунжерних та золотникових пар	Доведення, тонке шліфування та алмазне розточування підвищеної точності
3 та 4	Доріжки кочіння та посадочні поверхні вальниць кочіння підвищеної точності та спряжені з ними посадочні поверхні валів та корпусів, цапфи вісей гідропріладів; вальниці рідинного тертя при великих навантаженнях (вальцювальні стани); вальницеві шийки колінчастих валів, поршневі пальці та спряжені з ними отвори в деталях авіаційних та автомобільних двигунів; плунжери, золотники, поршні, втулки та інші деталі гідравлічної апаратури, які працюють при високих тисках без ущільнень	Доведення, хонінгування, тонке шліфування, алмазне розточування; тонке обточування та розточування підвищеної точності
5 та 6	Посадочні поверхні кілець вальниць кочіння нормальної точності та спряжувані з ними посадочні поверхні валів та корпусів; вальницеві шийки та вкладні колінчастих валів тракторних та суднових двигунів, валів редукторів, парових турбін, великих насосів; поршневі пальці дизелів та газових двигунів; поршні, золотники, гільзи, циліндри та інші деталі гідравлічної та пневматичної апаратури при середніх та низьких тисках без ущільнень або при високих і середніх тисках з ущільненнями; неспряжувані поверхні валу парової турбіни та оправки для балансування дисків турбін	Шліфування, хонінгування, чистове обточування та розточування, тонке розгортання, протягування
7 та 8	Вальниці ковзання великих гідротурбін, тихохідних двигунів, редукторів; циліндри, гільзи, поршні та поршневі кільця автомобільних та тракторних двигунів; отвори під втулки в шатунах двигунів, в гідравлічних пристроях середніх тисків; бочка валків холодної вальцювки	Чистове обточування та розточування, розгортання, протягування; зенкерування та свердління підвищеної точності
9 та 10	Вальниці ковзання при малих швидкостях та тисках; поршні і циліндри насосів низького тиску з м'яким ущільненням; поршневі кільця дизелів та газових двигунів	Обточування та розточування, свердління, лиття під тиском

Таблиця 2.15 – Приклади призначення допуску площинності та прямолінійності

Ступінь точності	Приклади застосування	Спосіб обробки
1 та 2	Вимірювальні та робочі поверхні особливо точних засобів вимірювань (кінцеві міри довжини, лекальні лінійки, тощо); направляючі прецезійних координатно-розточувальних та шліфувальних верстатів	Доведення, суперфініш, тонке притирання
3 та 4	Вимірювальні та робочі поверхні засобів вимірювань нормальної точності (перевірних лінійок та плит, мікрометрів, тощо); опорні поверхні рівномірів; направляючі верстатів підвищеної точності; базові установні та вимірювальні поверхні контрольних пристроїв підвищеної точності	Доведення, шліфування та притирання підвищеної точності
5 та 6	Направляючі та столи верстатів нормальної точності; базові та установні поверхні технологічних пристроїв підвищеної точності; направляючі точних машин та приладів; поверхні плоских з'єднань в трибових та гвинтових насосах; упірні вальниці турбін великої потужності	Шліфування, притирання, обточування підвищеної точності
7 та 8	Розмічальні плити; направляючі кривошипних та гідравлічних пресів; повзуни; упірні вальниці машин малої потужності; базові поверхні кондукторів та інших технологічних пристроїв; опорні поверхні корпусів вальниць, фундаментних рам та станин двигунів і парових машин; розніми турбін та корпусів редукторів, масляних насосів, опорних вальниць валопривідів; фланці турбін та турбомеханізмів	Грубе шліфування, фрезерування, стругання, протягування, обточування
9 та 10	Стикові поверхні траверс та станин вальцювальних станів; кронштейни та основи допоміжних і ручних механізмів; опорні поверхні машин, які установлюються на клинах і амортизуючих шільницях; приєднувальні поверхні поверхні арматури, фланців верстатів (з використанням яких шільниць)	Фрезерування, стругання, обточування, довбання
11 та 12	Невідповідальні робочі поверхні механізмів зниженої точності; базові поверхні столів, рамок, рольгангів, планок в ливарних машинах	Груба механічна обробка усіх видів

Таблиця 2.16 – Приклади призначення допусків паралельності

Ступінь точності	Приклади застосування	Способи обробки
1 та 2	Направляючі та базові поверхні прецезійних верстатів; направляючі станини оптичної ділильної голівки; робочі поверхні синусних лінійок та кутників високої точності	Довелення, суперфініш, алмазна обробка підвищеної точності, притирання підвищеної точності
3 та 4	Направляючі поверхні верстатів високої та підвищеної точності; особливо точні направляючі приладів управління та регулювання; вимірювальні та робочі поверхні перевірних лінійок, штрихових мір довжини, призми	Доведення, шліфування, притирання, хонінгування
5 та 6	Робочі поверхні верстатів нормальної точності; вимірювальні поверхні мікрометрів та штангенциркулів; робочі поверхні технологічних пристроїв високої точності; направляючі пази та планки приладів і механізмів високої точності; торці вальниць кочення високої точності; вісі отворів в корпусах зубчастих передач високої точності; вісі отворів і торці корпусів, робочих трибів та гвинтів в насосах; базові площини блоку, рами та картера двигунів	Шліфування, координатне розточування, фрезерування підвищеної точності
7 та 8	Робочі поверхні пресів та молотів; площини плит штампів; робочі поверхні кондукторів; торці фрез; опорні торці кришок та кілець для вальниць кочіння нормальної точності; вісі отворів в голівках шатуна; вісі розточок під гільзи у блоці циліндрів двигуна; вісі отворів в корпусах зубчастих передач нормальної точності; ущільнюючі поверхні фланців вентилів	Фрезерування, стругання, протягування, шліфування, розточування
9 та 10	Торці кришок вальниць в важкому машинобудуванні; шатунні шийки та вісь колінчастого валу дизелів та газових двигунів; вісі передач в лебідках, ручних приводах	Фрезерування та розточування, свердління та розгортання по кондуктору
11 та 12	Площини розніму та опорна площина в корпусах редукторів підйомно-транспортних машин; вісі та поверхні в вилках включення сільськогосподарських машин	Груба механічна обробка всіх видів
13 та 16	Поверхні низької точності	Всі види обробки

Таблиця 2.17 – Приклади призначення допусків перпендикулярності та торцевого биття

Ступінь точності	Приклади застосування	Спосіб обробки
1 та 2	Основні направляючі та базові поверхні прецизійних верстатів; шпінделі і оправки зубовимірних приладів, оптичної ділильної голівки; кільця прецизійних вальниць кочення	Доведення, тонке шліфування, алмазна обробка підвищеної точності
3 та 4	Основні направляючі та базові поверхні верстатів високої та підвищеної точності; робочі поверхні кутників (90°); фланці великих турбін та генераторів; заплечики валів під прецизійні вальниці кочення	Доведення, шліфування та притирання підвищеної точності, тонке точіння
5 та 6	Робочі поверхні верстатів нормальної точності; опорні торці довбаків та шеверів; торці корпусів, робочих трибів, гвинтів та роторів насосів високого тиску; заплечики валів та корпусів під вальниці кочення високої точності; торці вкладених вальниць гідромашин; фланці валів та з'єднувальних муфт двигунів; торці рам та корпусів гідропримієн; торці планшайб та патронів верстатів	Шліфування, притирання, хонінгування, фрезерування, стругання та розточування підвищеної точності
7 та 8	Робочі поверхні пресів; торці верстатних втулок; заплечики валів та корпусів під вальниці кочення нормальної точності; торці ступиць та розпірних втулок; вісі отворів в корпусах конічних редукторів; вісь отвору під палець в автомобільних та тракторних поршнях	Шліфування, фрезерування, стругання, довбання, розгорткування
9 та 10	Торці вальниць в ручних лебідках та приводах; вісі нарізі шпильок відносно опорних площин в двигуні; зубчасті вінці колес з обробленими зубами в сільськогосподарських машинах	Обточування: грубе фрезерування, стругання та розгорткування
11 та 12	Ущільнюючі поверхні приєднувальних фланців кутових вентилів; зубчасті вінці кільчат з обробленими зубами в сільськогосподарських машинах; вісі та поверхні в вилках включення сільськогосподарських машин, робочі поверхні кутників для будівельних робіт	Груба механічна обробка всіх видів
13 та 16	Поверхні низької точності; поверхні з невказаними допусками	Всі види обробки

Таблиця 2.18 – Приклади призначення допусків співвісності та радіального биття

Ступінь точності	Приклади застосування	Спосіб обробки
1 та 2	Робочі поверхні шпінделів та планшайб верстатів високої точності; опірні та посадочні шийки шпінделів зубовимірвальних приладів в оптичних дилільних голівках; робочі поверхні кілець прецезійних вальниць кочіння; шийки валу та отвору повітряних вальниць високошвидкісних шпінделів	Доведення, тонке шліфування, хонінгування, алмазна обробка підвищеної точності
3 та 4	Робочі поверхні шпінделів та столів верстатів підвищеної точності; кільця вальниць кочення високої точності; опорна та посадочна поверхні вкладенів вальниць насосів та гідротурбін; кінець валу електричних машин малої потужності (підвищеної та нормальної точності); швидкохідні вали та вісі гідроприміладів високої точності; центруючі буртики та виточки валів великих турбін	Тонке шліфування та точіння, внутрішнє шліфування з однієї установки, хонінгування
5 та 6	Втулки верстатні підвищеної точності; відрізи алмазні крути; кільця вальниць кочення нормальної точності; посадочні поверхні валів під зубчасті колеса підвищеної точності; опорні шийки колінчастого та розподільного валів автомобільних двигунів; фланці валів великих турбін; швидкохідні вали підвищеної точності	Шліфування, обточування підвищеної точності, внутрішнє шліфування та розточування з однієї установки
7 та 8	Робочі пружки зенкерів, конічних розгортки, позначників; корінні шийки колічастих валів дизелів та газових двигунів; отвори під торцеві кришки та вкладені в корпусах вальниць насосів в середніх гідротурбінах; швидкохідні вали нормальної точності (до 1000 об/хв); трансмісійні вали довжиною до 1000 мм; поверхні кочення ходових колес та посадочні поверхні барабанів підйомно-транспортних машин; зубчасті колеса з обробленими зубами в сільськогосподарських машинах	Грубе шліфування; обточування та розточування нормальної точності, протягування, розгорткування
9 та 10	Різальні пружки плашок, позначників, свердл, фрез; посадочні шийки валів під зубчасті колеса заниженої точності; трансмісійні вали довжиною 1000 ... 4000 мм; шийки валів та вісей з допусками по квалітетах 11 та 12 в сільськогосподарських машинах	Обточування та розточування, свердління
11 - 16	Поверхні низької точності; поверхні з невказаними допусками	Усі види обробки

2.4.5. Нормування шорсткості та хвилястості поверхонь деталей машин

Основні експлуатаційні властивості деталей машин залежать не тільки від точності їх виготовлення, але й від якості їхніх поверхонь, яка характеризується сукупністю параметрів хвилястості, шорсткості, фізико-механічного стану та структури поверхневого шару.

Шорсткість і хвилястість поверхонь

Шорсткість поверхні – це сукупність мікронерівностей обробленої поверхні з малим кроком, що є слідами різального інструменту.

Хвилястість займає проміжне положення між шорсткістю та похибками форми (макрогеометрією) поверхні.

Шорсткість і хвилястість поверхні взаємозалежні з точністю розмірів. Високій точності завжди відповідають малі шорсткість і хвилястість поверхні. ДСТУ 2789-73 встановлює шість параметрів шорсткості поверхні R_a , R_z , R_{max} , S_m , S і t_p . Державний стандарт регламентує такі межі значень параметрів шорсткості: $R_a = 0,008 - 100$ мкм; R_z і R_{max} дорівнюють $0,025 - 1600$ мкм; S_m і S дорівнюють $0,002 - 12,5$ мм; $t_p = 10 - 90\%$; $l = 0,01 - 25$ мм. Нормується також напрямок нерівностей. Вимоги до шорсткості встановлюються за одним або декількома параметрами.

Вплив технологічних факторів на шорсткість і хвилястість поверхонь деталей машин та їхні експлуатаційні властивості

Усі різноманітні причини, що обумовлюють шорсткість і хвилястість обробленої поверхні, можна об'єднати в три основні групи: причини, пов'язані з геометрією процесу різання, пластичною та пружною деформацією оброблюваного матеріалу та виникненням вібрацій різального інструменту відносно оброблюваної поверхні.

Шорсткість і хвилястість поверхонь деталей машин впливають на такі їхні найважливіші експлуатаційні властивості, як зносостійкість, втомна та контактна міцність, твердість, теплопровідність і герметичність стиків, міцність сполучень із натягом, антикорозійна стійкість, відбивна й поглинаюча здатність поверхонь, опір протіканню газів і рідин у трубопроводах, опір кавітаційному руйнуванню у гідравлічних машинах і інші характеристики поверхонь і сполучень. У табл. 2.19 показано якісні взаємозв'язки експлуатаційних властивостей деталей і їхніх з'єднань із основними параметрами деталей, у тому числі з параметрами якості поверхонь деталей.

Таблиця 2.19 – Параметри, що визначають експлуатаційні властивості деталей і їхніх з'єднань

Експлуатаційні властивості	Властивості матеріалів				Розмір та його точність		Параметри стану поверхневого шару																
	σ_B	σ_T	E	HV	$d_{1, B}$ l_1, B	T	H_{max}	H_p	W_z	W_p	Sm_w	Ra, R_z	R_{max}	R_p	tp	Sm	S	$\sigma_{ост}$	h_{00}	h_n	ϵ	I_3	ρ_D
Контактна жорсткість перше вантаження	0	+	+	+	+	-*	-	-*	-	-*	-	-	-	-*	+	+	0	+	0	+	-*	-*	-*
повторне вантаження	0	0	+	-	+	-*	-	-*	-	-*	-	-	-	-*	+	+	0	-	0	0	-*	-*	-*
Коефіцієнт тертя	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	0	+	+	-	-
Зносоустійкість	+	+	+	+	+	-	-	-*	-	-*	+	-	-	-*	+	+	+	+	0	+	+	-*	-*
Герметичність з'єднань	0	-	-*	-	-*	-*	-	-*	-	-*	-	-	-	-*	+	-	-	-	0	0	0	0	0
Міцність посадок	0	-	+	-	+	-*	-	-*	-	-*	-	-	-	-*	+	-	0	-	0	0	0	0	0
Міцність деталей	+	+	+	-	+	0	0	0	0	0	0	-	-	+	-	+	0	+	+	+	+	-*	-*
Втомна міцність	+	+	+	-*	+	0	0	0	0	0	0	-	-*	+	-	+	0	+	+	+	+	-*	-*
Корозійна стійкість	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	+	-*	-	-	+	+	+	-*	-	-	-*	+	-*
Поверхнева теплопровідність	-	-	0	0	+	-*	-*	-*	-*	-*	-	-*	-	-*	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Термостійкість	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	+	+	0	-	0	0	-	-*	-*

Примітка. Позначення «+» та «-» означають, що збільшення цих параметрів викликає покращення або погіршення даної експлуатаційної властивості; * - параметр, який надає основний вплив на данну експлуатаційну властивість; «0» - параметр, який не впливає на данну експлуатаційну властивість. Параметри σ_{max} , h_{z0} , I_1 та ρ_D - розглянуті в розд. 2.4.7.

Примітка. Позначення «+» та «-» означають, що збільшення цих параметрів викликає покращення або погіршення даної експлуатаційної властивості; * - параметр, який надає основний вплив на дану експлуатаційну властивість; «0» - параметр, який не впливає на дану експлуатаційну властивість. Параметри σ_{max} , h_{00} , l_1 , та ρ_D - розглянуті в розд. 2.4.7.

Експлуатаційні властивості	Властивості матеріалів				Розмір та його точність		Параметри стану поверхневого шару																	
	σ_B	σ_T	E	HB	$d_{1, B}$	T	H_{max}	H_p	W_z	W_p	Sm_w	Ra, R_z	R_{max}	R_p	tp	Sm	S	$\sigma_{ост}$	$h_{\sigma 0}$	$H_{\psi 0}$	h_n	ε	I_3	ρ_D
Контактна жорсткість																								
перше вантаження	0	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0	+	0	+	0	-	-	*
повторне вантаження	0	0	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0	-	0	-	0	-	-	*
Коефіцієнт тертя	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	0	+	0	+	-	-
Зносо-стійкість	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	0	+	0	+	-	*
Герметичність з'єднань	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	0	-	0	0	0	0
Мінливість посадок	0	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0	-	0	-	0	0	0	0
Мінливість деталей	+	+	+	-	+	0	0	0	0	0	0	-	-	+	-	+	0	+	+	+	+	+	-	*
Втомна міцність	+	+	+	-	+	0	0	0	0	0	0	-	-	+	-	+	0	+	+	+	+	+	-	*
Корозійна стійкість	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	*
Поверхнева теплопровідність	-	-	0	0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Термостійкість	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	+	+	0	-	0	-	0	-	-	*

Примітка. Позначення «+» та «-» означають, що збільшення цих параметрів викликає покращення або погіршення данної експлуатаційної властивості; * - параметр, який надає основний вплив на данну експлуатаційну властивість; «0» - параметр, який не впливає на данну експлуатаційну властивість. Параметри σ_{Bz} , $h_{\sigma 0}$, I_3 , та ρ_D розглянуті в розд. 2.4.7.

Примітка. Позначення «+» та «-» означають, що збільшення цих параметрів викликає покращення або погіршення данної експлуатаційної властивості; * - параметр, який надає основний вплив на данну експлуатаційну властивість; «0» - параметр, який не впливає на данну експлуатаційну властивість. Параметри σ_{max} , $h_{с0}$, h_n , та ρ_D розглянуті в розд. 2.4.7.

2.4.6. Рекомендації з попереднього вибору вимог до шорсткості поверхонь деталей машин

Шорсткість поверхні регламентується конструктором виходячи зі службового призначення й умов експлуатації деталей. У табл. 2.20 наведено рекомендації із призначення стандартних параметрів.

Таблиця 2.20 – Рекомендовані параметри шорсткості робочих поверхонь деталей машин

Експлуатаційні властивості	Параметри шорсткості робочих поверхонь	Напрямок нерівностей
Контактна жорсткість	$R_a, S_m, tp(R_p)^*$, \perp
Зносостійкість	$R_a, S_m, tp(R_p)$	
Міцність	R_{max}, S_m	
Втомна міцність	R_{max}, S_m	
Контактна міцність	$R_a, S_m, tp(R_p)$	
Фретінгостійкість	$R_a, S_m, tp(R_p)$	
Вібростійкість	$R_a, S_m, tp(R_p)$	
Корозійна стійкість	R_a, S_m, S	—
Міцність щеплення покриття	R_a, S_m	, \perp
Герметичність з'єднань	$R_a, S_m, tp(R_p)$	
Міцність посадок	$R_a, tp(R_p)$	
Теплопровідність	$R_a, S_m, tp(R_p)$	

Примітка. 1. R_p – нестандартизований параметр шорсткості, який завдає основний вплив на експлуатаційні властивості; 2. || та \perp – паралельне та перпендикулярне розміщення слідів обробки відносно показаної на кресленні проекції

Табл. 2.21 є вибіркою з великого довідкового матеріалу, що допомагає конструкторам регламентувати шорсткість поверхонь різних деталей. В особливих випадках на кресленнях деталей указують напрямки нерівностей та інші характеристики якості поверхонь. Високій точності обробки завжди відповідає мала шорсткість поверхні. Для забезпечення необхідного зазору в рухливому з'єднанні значення R_z поверхонь деталей, що сполучаються, можна призначати з урахуванням наведених нижче рекомендацій:

- при діаметрі сполучення, більшим за 50 мм $R_z = (0,10 \div 0,15)T$;
- при діаметрі сполучення 18...50 мм $R_z = (0,15 \div 0,20)T$;
- при діаметрі сполучення, меншим за 18 мм $R_z = (0,20 \div 0,25)T$.

У цих формулах поле допуску T деталі й висота нерівностей R_z виражені в мікрометрах. При призначенні шорсткості поверхонь деталей не-

обхідно враховувати взаємозв'язки між шорсткістю поверхні і її точністю, характерні для різних методів обробки (табл. 2.22).

Таблиця 2.21 – Параметри шорсткості для різних умов функціонування поверхонь

Поверхні деталей	Ra , мкм	Rz , мкм	R_{max} , мкм	Sm , мкм	t_p , мкм	l , мм
Опорні шийки валів під:						
підшипники ковзання	0,32	—	—	—	$t_{20}30$	0,8
підшипники кочення	0,8				—	
зубчасті колеса	1,6				—	
Поверхні валів, які працюють на витривалість	—	125	1,0	0,5	$t_{20}60$	8,0
Поверхні під напilenня					—	
Поверхні основних отворів корпусів					—	
з чавуну	1,0...2,0	—	—	—	—	0,8
зі сталі	0,63...1,6					
Направляючі тертя ковзання					$t_{20}15$	0,25
прецизійних верстатів	0,1					
важких верстатів	1,6				—	0,8
Поверхні, які кородують	0,063			0,032	$t_{20}10$	0,25

Таблиця 2.22 – Взаємозв'язок між квалітетами точності та шорсткістю при обробці заготовок зі сталі та сірого чавуну

Метод обробки	Квалітет точності	Ra , мкм	Метод обробки	Квалітет точності	Ra , мкм
Точіння:			Розгортання:		
попереднє	12	12,5	попереднє	9	2,5
чистове	9	2,5...1,25	остаточне	8	1,25...0,63
тонке	8 и 7	0,63...0,32	тонке	7 и 6	0,32
Фрезерування:			Протягування отворів	8 и 7	1,25...0,63
попереднє	12	12,5	Шліфування:		
чистове	9	2,5...1,25			
тонке	7	0,63...0,32	чистове	8 и 7	0,63...0,32
Свердління	11 и 12	2,5...6,3	тонке	7	0,32...0,08
Чистове зенкерування	11	6,3...2,5	Притирання	6	0,16...0,04

2.4.7. Нормування фізико-механічних властивостей поверхонь деталей машин

Фізико-механічні властивості поверхневого шару характеризуються його твердістю, структурними та фазовими перетвореннями, величиною, знаком і глибиною поширення залишкових напруг, деформацією кристалічних решіток матеріалу. У випадку застосування хіміко-термічних методів обробки змінюється також хімічний склад матеріалу поверхневого шару. У табл. 2.23 наведено найпоширеніші вимоги до шорсткості поверхонь різних деталей машин.

Таблиця 2.23 – Оптимальні значення стандартизованих параметрів шорсткості поверхонь різних деталей машин, рекомендовані для використання на робочих кресленнях

Поверхні деталей	Ra	Rz	R_{max}	S_m , мм	t_{50} , %
	МКМ				
Опорні шийки валів:					
під підшипники ковзання	0,2...0,5 (0,2; 0,4)	—	—	0,032...0,05 (0,032; 0,04; 0,05)	45...70 (50; 60; 70)
під вкладені з бронзи	0,32...0,63 (0,4)			0,032...0,06 (0,032; 0,04; 0,05)	
під баббітові вкладені	0,20...0,32 (0,2)			0,020...0,032 (0,02; 0,025; 0,032)	
під вкладені з чавуну	0,32...0,5 (0,4)			0,032...0,05 (0,032; 0,04; 0,05)	65...70 (70)
під вкладені з графіто-пластв	0,32...0,4 (0,4)			0,025...0,040 (0,02; 0,025; 0,032)	50...70 (50; 60; 70)
Опорні поверхні корпусів, кронштейнів, шківів та інших деталей, які не являються посадочними	— (3,2; 6,3)	12...30 (12,5; 25)	—	—	—
Поверхні посадочних отворів зубчастих колес, муфт, шківів та інших деталей	0,50...2,0 (0,80; 1,60)				

Продовження табл. 2.23

Поверхні деталей	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	<i>Rmax</i>	<i>Sm</i> , мм	<i>t</i> ₅₀ , %
	МКМ				
Шийки та кулачки розподільчих валів	0,25...0,40 (0,40)	—	—	0,05...0,08 (0,050; 0,063; 0,080)	50...60 (50; 60)
Робочі шийки колінчастого валу	0,2...0,3 (0,20)			0,04...0,06 (0,040; 0,050)	
Поверхні отворів ричагів, вилок, спряжуваних з валами або вісями	0,63...1,25 (0,80)			—	—
Кордуючі поверхні	0,063...0,1 (0,10)			0,032...0,05 (0,032; 0,040; 0,050)	
Поверхні під зкліювання	— (3,2)	15...20 (12,5)	—	—	
Поверхні, які з'єднуються з натягом (охоплювані: вали, штифти, пальці та ін.)	0,5...2,5 (0,80; 1,60)	—	—	0,032...0,15 (0,032; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100; 0,125)	45...50 (50)
Посадочні конічні поверхні гідропередач, конічних пробкових кранів, клапанів, герметичних стиків	0,8...1,2 (0,80)			0,04...0,10 (0,040; 0,050; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100)	
Бокові (робочі) поверхні:		—	—		
зубів колес, шліців, шпонкових пазів	0,40...1,25 (0,40; 0,80)			—	—
ниток черв'яків ходових гвинтів	0,25...0,4 (0,40)	—	—	0,032...0,06 (0,032; 0,040; 0,050)	45...60 (50; 60)
Поверхні основних отворів корпусів (під підшипники або безпосередньо вали, які обертаються):					
стальних	0,63...1,6 (0,80; 1,60)	—	—	—	—
чавунних	1,0...2,0 (1,60)	—			
з алюмінієвого сплаву	0,5...1,2 (0,80)				

Поверхні деталей	Ra	Rz	R_{max}	Sm , мм	t_{50} , %	
	МКМ					
Спряжувані поверхні корпусів та кришок, торцеві поверхні валів під колеса, муфти, шків, торцеві поверхні колес, муфт шківів під вали та ін.	— (3,2; 6,3)	10...40 (12,5; 25)	—	—	—	
Дзеркальні поверхні циліндру	0,2...0,63 (0,20; 0,40)	—		0,04...0,08 (0,040; 0,050; 0,063; 0,080)	45...50 (50)	
Утворювальна поверхня поршневого кільця	0,63...1,25 (0,80)			0,03...0,06 (0,032; 0,040; 0,050)		
Торцева поверхня поршневого кільця	0,25...0,63 (0,40)					
Острішок поршневий	0,63...1,25 (0,80)			—	—	
Канавка на поршні	0,2...0,63 (0,20; 0,40)			—	0,03...0,08 (0,032; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080)	45...50 (50)
Поверхня отвору в поршні під палець	0,3...0,5 (0,40)				0,03...0,05 (0,032; 0,040; 0,050)	
Поршневий палець	0,1...0,2 (0,10; 0,20)	0,01...0,06 (0,010; 0,0125; 0,0160; 0,020; 0,025; 0,032; 0,040; 0,050)			50...60 (50; 60)	
Штовхач	0,16...0,32 (0,20)			0,02...0,05 (0,020; 0,025; 0,032; 0,040; 0,050)		
Отвори в голівках шатуну:						
малий	0,5...1,25 (0,80)	—	—	—	45...50 (50)	
великий	0,6...1,0 (0,80)					
Втулка шатуну (робоча поверхня)	0,25...0,6 (0,40)			0,03...0,06 (0,032; 0,040; 0,050)	45...50 (50)	

Продовження табл. 2.23

Поверхні деталей	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	<i>Rmax</i>	<i>Sm</i> , мм	<i>t</i> ₅₀ , %
	МКМ				
Робоча поверхня кулястого пальця	0,2...0,3 (0,20)	—	—	0,04...0,06 (0,040; 0,050)	50...60 (50; 60)
Клапан	0,16...0,25 (0,20)			0,02...0,04 (0,020; 0,025; 0,032; 0,040)	
Робоча поверхня проушини колодки автомобільного переднього тормозу	1,2...1,6 (1,6)			—	—
Робочі поверхні фланців під ущільнення, валів, канавок під войлочні ущільнення	0,4...0,8 (0,40; 0,80)			0,08...0,15 (0,080; 0,100; 0,125)	70...80 (70; 80)
Поверхня канавки каретки вкочення передач	1,25...2,5 (1,6)			—	—
Робоча поверхня пальців хрестовини диференціалу заднього мосту автоиобіля	0,5...0,8 (0,80)			0,03...0,06 (0,032; 0,040; 0,050)	45...50 (50)
Поверхні під ущільнення піввісі заднього мосту автомобіля				0,08...0,15 (0,080; 0,100; 0,125)	70...80 (70; 80)
Робоча поверхня гнізда турбіни під лопатку	0,5 ± 20 %			0,02...0,05 (0,020; 0,025; 0,032; 0,040; 0,050)	—
Поверхні лопаток турбіни та компресору замка	1,0...1,25			0,08...0,10 (0,080; 0,100)	45...50 (50)
пера лопатки	0,63...1,25 (0,80)			0,04...0,10 (0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100)	
Робочі поверхні деталей візка рефрижираторної секції:					
вісі	0,63...1,25 (0,80)			—	65...70 (70)
підп'ятника	1,25...2,5 (1,60)				—

Продовження табл. 2.23

Поверхні деталей	Ra	Rz	$Rmax$	Sm , мм	t_{50} , %
	МКМ				
втулки	1,8...2,0 (1,60)	—	—	—	—
валика	—	15±10 %			
Поверхня тертя підвіски вагону		15±70 %			
балки вагону	1,0...2,5 (1,60)	—		0,03...0,08 (0,032; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080)	60±5 %
Робоча поверхня рами вагону	0,32...0,63 (0,40)			—	—
вісі колесної пари	0,63...1,25 (0,80)				45...50 (50)
Посадочна поверхня отвору колеса					—
Поверхні направляючих тертя ковзання верстатів:	0,5...0,8 (0,80)			0,04...0,06 (0,004; 0,05)	45...50 (50)
універсальних				0,02...0,03 (0,02; 0,025)	—
прецизійних				—	—
важких	1,25...2,0 (1,60)			—	—
Поверхні направляючих кочення	0,12...0,16 (0,10; 0,20)	50...200 (50; 100; 200)		0,02...0,03 (0,02; 0,025)	45...50 (50)
Робочі поверхні матриць та пуансонів вирубних штампів	0,32...2,0 (0,40; 0,80; 1,60)			0,12...0,32 (0,125; 0,160; 0,20; 0,25; 0,32)	
Поверхні заготівничих канавок ковальних штампів	— (12,5; 25; 50)			20...100 (25; 50; 100)	—
Поверхні остаточних канавок ковальних штампів	— (6,3; 12,5; 25)	—			
Робоча поверхня нарізі нерухомих з'єднань	1,6...3,2 (1,6; 3,2)	—			

Поверхні деталей	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	<i>Rmax</i>	<i>Sm</i> , мм	<i>t</i> ₅₀ , %
	МКМ				
Спряжувані торцеві поверхні валів під підшипники, центруючі діаметральні та торцеві поверхні корпусів та кришок	—	—	—	—	—
Поверхні деталей управління (ручок, рукояток, штурвалів, рычагів)	0,2...0,4 (0,2; 0,4)				

П р и м і т к а. Курсивом виділені значення, які рекомендуються для нанесення на кресленнях

Фізико-механічні властивості поверхневого шару деталей машин змінюються за рахунок силових та температурних впливів на поверхню деталі при її виготовленні й експлуатації. Поверхня деталі має підвищену хімічну активність і адсорбує атоми елементів навколишнього середовища, як при обробці, так і при експлуатації. Усе це спричиняє зміну фізико-хімічного стану поверхневого шару матеріалу деталі, який може бути охарактеризований зміцненням, залишковими напруженнями, структурно-фазовим станом і хімічним складом.

В останні роки вживають спроби *комплексної оцінки якості* поверхневого шару деталей, математично або фізично об'єднуючі геометричні й фізичні характеристики поверхонь. Такі комплексні оцінки дозволяють оцінити різні експлуатаційні властивості поверхонь (зносостійкість, втомну міцність та ін.).

У готової деталі якість оброблених поверхонь в основному забезпечується при остаточній обробці; попередня обробка, а також заготівельні процеси деякою мірою впливають на якість поверхні готової деталі в силу технологічного спадкування вихідних властивостей заготовки на різних етапах її обробки. Неопрацьовані поверхні зберігають якість, отриману при виготовленні заготовки. Досягнення необхідної якості поверхонь деталей машин і її підтримка на заданому рівні у виробничих умовах є завданням побудови всього технологічного процесу. У ході експлуатації машин якість поверхонь їхніх деталей змінюється. Такі явища, як зношування, утворення і розвиток мікротріщин, задири, корозійне й ерозійне руйнування, пітінг погіршують

якість поверхні. Тому важливо не тільки забезпечити необхідну якість поверхонь деталей машин у процесі виробництва, але й зберегти його сталість на тривалий строк експлуатації машин.

Визначення величин параметрів якості поверхневого шару деталей машин

Структурну схему розв'язання задачі з визначення параметрів якості поверхневого шару деталей машин, виходячи з їхнього функціонального призначення, представлено на рис. 2.17.

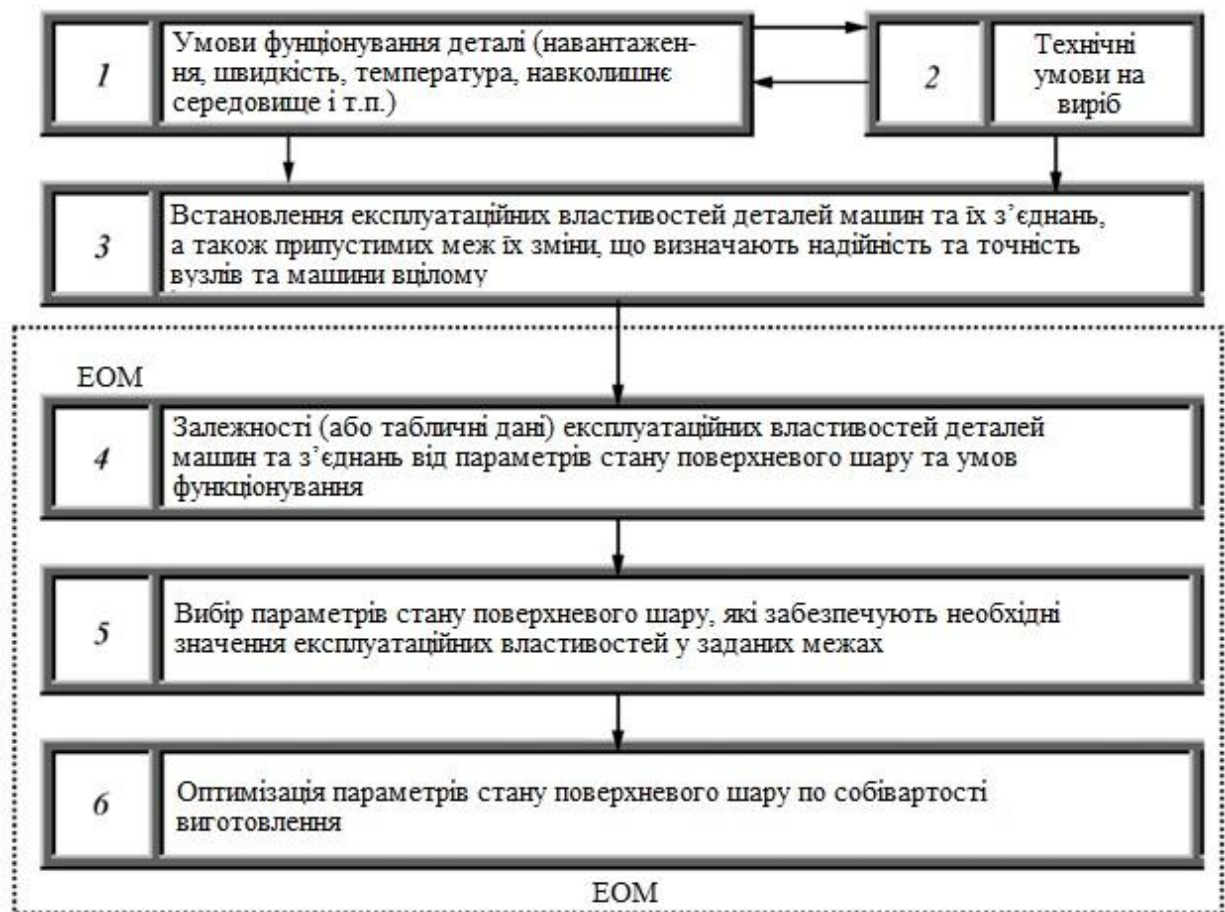


Рисунок 2.17 – Структурна схема вибору конструктором параметрів стану робочих поверхонь деталей

На основі спільного аналізу умов функціонування (блок 1) і технічних умов на виріб (блок 2) визначають експлуатаційні властивості деталей машин і їхніх з'єднань, що лімітують надійність і точність вузлів і машин у цілому (блок 3). Знаючи термін служби машини, обумовлений її моральним старінням, або економічно доцільний період заміни вузла, визначають фак-

тичний термін його роботи або загальний шлях тертя L за цей період і розраховують інтенсивність зношування $I = (14 \div 15)/L$. Аналогічні розрахунки виконують для інших деталей і з'єднань.

Слід зазначити, що перехід від блоків 1 і 2 до блоку 3 неформалізований, тобто не піддається алгоритмізації. Це означає, що на даному етапі проектування досить важливими факторами є наявні статистичні дані з експлуатації прототипів проєктованих вузлів або машин, а також досвід конструкторів. Після того як визначено необхідні значення експлуатаційних властивостей проєктованих з'єднань, здійснюють пошук відповідних залежностей або табличних даних, які характеризують кількісний взаємозв'язок між цими експлуатаційними властивостями та параметрами стану робочих поверхонь (блок 4). У блоці 5 можна вирішувати різні задачі:

1) при відомих розмірах деталі, обумовлених конструктивними міркуваннями, вибирають матеріал, точність розмірів і параметри стану поверхневого шару;

2) при заданому матеріалі деталі визначають розміри, їхню точність і параметри стану поверхневого шару;

3) при відомих розмірах і матеріалі деталі встановлюють їхню точність і параметри стану поверхневого шару;

4) при відомих матеріалі, розмірах і точності деталі визначають параметри стану поверхневого шару.

При розв'язанні цих задач зустрічаються з низкою обмежень. Так, про фізико-механічні властивості матеріалів судять з наявності відповідних марок; про точність розмірів і параметри стану поверхневого шару – з технологічних можливостей. При цьому існують технічні обмеження:

$$y_{T_{\min}} \leq y_T \leq y_{T_{\max}} ;$$

$$T_{\min} \leq T \leq T_{\max} ;$$

$$R_{a_{\min}} \leq R_a \leq R_{a_{\max}} .$$

Деякі із цих обмежень взаємозалежні. Так, фізико-хімічний стан поверхневого шару деталей значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, точність розмірів – від стану поверхневого шару.

Розв'язання усіх цих задач багатоваріантно, тому в блоці 6 здійснюють пошук оптимального варіанта, як правило, за собівартістю виготовлення деталі. При цьому на основі аналізу завдань блоку 5 визначають вектори постійних параметрів і незалежних оптимізуючих параметрів:

$$K = (\sigma_T, E, d, \dots);$$

$$X = (R_a, T_p, W_z, H_{\mu_0}).$$

Отже, розв'язання задач конструктора, починаючи із блоку 4, у достатньому ступені формалізоване, тобто може бути алгоритмізовано та реалізовано на ЕОМ. При цьому система рівнянь характеристик експлуатаційних властивостей, технічних обмежень, постійних і параметрів, що оптимізують, є вихідною для розробки алгоритму в блоках 5 і 6.

Вплив технологічних факторів на фізико-механічні властивості поверхонь деталей машин

При обробці металів різанням у результаті впливу на поверхневий шар деталі силового та температурного полів у них виникають пластичні деформації та створюються внутрішні залишкові напруження.

Вплив фізико-механічних властивостей поверхонь деталей машин на їхні експлуатаційні властивості

Як видно з табл. 2.19, фізико-механічні властивості, фазовий і хімічний склад поверхневого шару деталей машин дуже впливають на їхні найважливіші експлуатаційні властивості. Розглянемо вплив основних фізико-механічних властивостей поверхонь деталей машин на їхні експлуатаційні властивості.

Вплив зміцнення (наклепу) металу поверхневого шару

Підвищенню зносостійкості деталей у більшості випадків сприяє попереднє зміцнення металу поверхневого шару, яке зменшує зминання та стирання поверхонь при наявності їхнього безпосереднього контакту й взаємне проникнення поверхневих шарів, що виникає при їхній механічній і молекулярній взаємодії; збільшує дифузію кисню повітря в метал поверхневого шару, створюючи в ньому тверді хімічні сполуки (FeO , Fe_2O_3 і Fe_3O_4), характерні для окисного зношування, що протікає з найменшою інтенсивні-

стю; перешкоджає розвитку спільної пластичної деформації металів деталей, які труться, що викликає холодне зварювання (схоплювання) та є найбільш інтенсивним видом зношування. На рис. 2.18 *а* показано як змінюється зношування валиків зі сталі В8 при терті ковзання із чавунними колодками зі змащенням залежно від ступеня їхнього наклепу після шліфування, вираженого мікротвердістю поверхневого шару. Графік ілюструє значне зменшення зношування деталей зі збільшенням ступеня наклепу. Графіки на рис. 2.18 *б* показують зношування Q двох зразків, виконаних зі сталі 40Х і здійснюючих зворотньо-поступальний рух із середньою швидкістю 0,4 м/с. Зона 1 характеризує розсіювання показників зношування для ненаклепаних зразків, а зона 2 – для наклепаних. Різниця зносів виявляється відчутною. У період приробітки поверхні тертя не тільки здобувають оптимальну шорсткість, але й формують оптимальну мікротвердість металу поверхневого шару. У тих випадках, коли мікротвердість металу поверхневого шару до зношування невелика, а зношування відбувається при більших навантаженнях, у процесі приробітки мікротвердість збільшується й тривалість приробітки визначається інтенсивністю її росту. Якщо ж мікротвердість металу поверхневого шару до зношування досить велика, то тривалість приробітки залежить від швидкості зношування й пластичного зминання нерівностей поверхні. При цьому внаслідок зношування найбільш зміцненого поверхневого шару мікротвердість може навіть знизитися до деякого оптимального значення, відповідного до межі плинності, при якій забезпечується рівність несучої здатності поверхні та зовнішнього навантаження. Очевидно, що в останньому випадку досягнення оптимальної мікротвердості безпосередньо не пов'язане з періодом приробітки й може відбутися до його закінчення або в зоні зношування, що встановилася.

Позитивний вплив наклепу на зносостійкість поверхонь тертя проявляється тільки до певного ступеня первісного наклепу. Якщо під час попередньої обробки поверхні тертя ступінь пластичної деформації поверхневого шару перевищує обране для даного металу значення, то в металі починається процес його розпушення (розриви міжатомних зв'язків по площинах ковзання й субмікроскопічні порушення суцільності металу), що відбувається одночасно із триваючим процесом зміцнення. При подальшій збільшенні навантаження металу перезміцнені й охрупчені зони металу відшаро-

вуються від його основної маси, починається лущення й прискорене зношування металу.

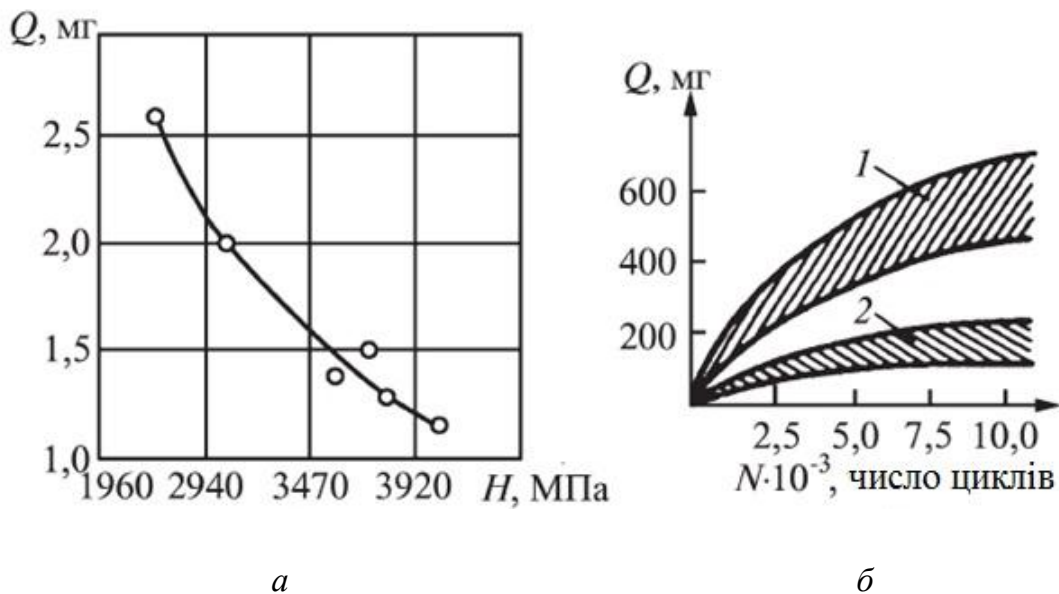


Рисунок 2.18 – Вплив наклепу на зношування сталевих деталей

Таким чином, перенаклеп металу викликає різке падіння зносостійкості, а також знижує втомну міцність деталей і деякі інші експлуатаційні властивості. Тому зміцнення металу поверхневого шару в процесі механічної обробки деталей або при спеціальних зміцнюючих операціях (обкатуванні роликami й кульками, дробоструменястому наклепі й ін.) слід проводити при строго регламентованому наклепі, що досягається, щоб запобігти виникненню перенаклепу. Збільшення ступеня наклепу сталі внаслідок зміни режимів точіння також зменшує зношування й підвищує зносостійкість деталей (рис. 2.19). Однак при надмірному наклепі, коли мікротвердість поверхні тертя перевищує 3920 Мпа (400 кгс/мм^2), зносостійкість поверхні знижується й зношування зростає. Наклеп поверхонь тертя зменшує їхнє зношування в 1,5–2 рази.

Циклічна міцність деталей машин залежить від зміцнення (наклепу) металу поверхневого шару. Зміцнення металу до певних меж зменшує амплітуду циклічної пластичної деформації та запобігає виникненню субмікроскопічних порушень суцільності (розпушення), що породжують розвиток втомних тріщин. Крім того, створення зміцненого наклепаного поверхнево-

го шару перешкоджає росту існуючих і виникненню нових втомних тріщин. Такий шар може значно нейтралізувати шкідливий вплив зовнішніх дефектів і шорсткості поверхні.

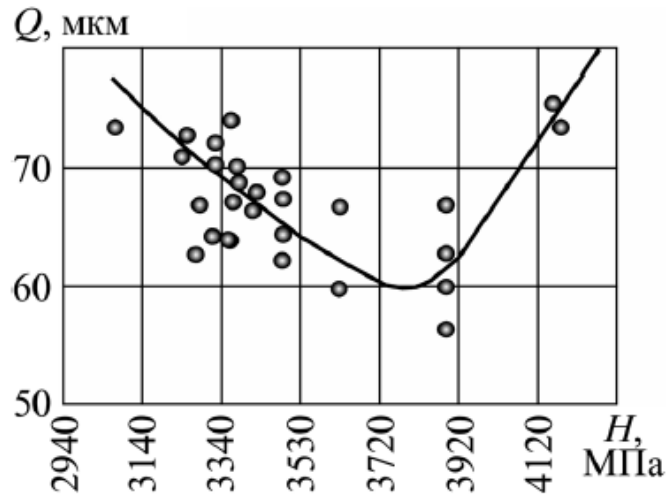


Рисунок 2.19 – Залежність зношування сталі В7 від ступеня попереднього наклепу

Вплив наклепу на корозійну стійкість

У результаті пластичної деформації полікристалічного металу в ньому створюються мікронеоднорідності, що сприяють виникненню великої кількості корозійних мікроелементів. Найбільш активними ділянками металу у взаємодії із зовнішніми середовищами є зони площин зрушень і місця виходу дислокацій на поверхню. У цих зонах стає більш швидкою адсорбція й розвиваються корозійні й дифузійні процеси. Механічна обробка, що викликає наклеп поверхневого шару й зміну шорсткості поверхні, значно впливає на корозійну стійкість металу і може нейтралізувати розвиток корозійних процесів і зниження втомної міцності деталей, викликане ними.

Вплив залишкових напружень у поверхневому шарі

Зношування поверхонь при наявності в них стискаючих залишкових напружень трохи зменшується, а при розтягувальних залишкових напруженнях збільшується. Цей вплив більше проявляється при пружному контакті й менше при пружно-пластичному. Зношування змінює залишкові напруження в поверхневому шарі деталі. Залишкові напруження розтягнення при зношуванні знімаються, і виникають напруження стиску.

На підставі низки експериментальних досліджень можна вважати встановленим, що залишкові напруження поверхневого шару деталі, що виникають у процесі її обробки, не впливають на зносостійкість. Цей висновок стосується тільки залишкових напружень поверхневого шару та нормальних умов тертя ковзання в режимі окисного зношування. Напружений стан усього перетину деталі може виявити свій вплив на характер і інтенсивність зношування. На *втомній міцності* деталей дуже позначаються залишкові напруження. Це підтверджують численні дослідження, що при наявності в поверхневому шарі залишкових напружень стиску межа витривалості деталі зростає, а при залишкових напруженнях розтягнення знижується, причому залишкові напруження стиску в більшій мірі підвищують межу витривалості, чим зменшують його такі ж за величиною залишкові напруження розтягування. Для сталей підвищеної твердості збільшення межі утоми завдяки дії стискаючих напружень досягає 50%, а зниження його під дією розтягуючих – 30%. Вплив залишкових напружень на межу витривалості сталі особливо велике, коли різниця в міцності сталі при розтягуванні й стиску більша. Тому межа витривалості твердих сталей залежить від величини й знаку залишкових напружень особливо сильно, у той час як у м'яких і пластичних сталей ця залежність проявляється меншою мірою. Вплив залишкових напружень різко зростає, якщо деталі мають концентратори напружень.

При електрохімічній обробці, однак, трохи знижується межа витривалості в порівнянні із межею витривалості при обробці різанням. Це обумовлено підвищенням концентрацій напружень у западинах мікронерівностей, де радіус закруглення менше, ніж при обробці різанням при однакових параметрах шорсткості. У той же час після електрохімічної обробки відсутній наклеп поверхні; тому після неї нерідко застосовують додаткову зміцнюючу обробку.

Вплив структурних змін металу поверхневого шару

Теплота, що виділяється в зоні різання при різних методах механічної обробки в певних умовах (при напружених режимах різання, при затупленні різального інструменту та засалюванні абразивного круга надмірно високої твердості, недостатньому охолодженні й ін.), викликає структурні зміни металу поверхневого шару. При обробці металів, що загартовуються, може

відбутися часткове загартування металу поверхневого шару, а при обробці загартованих металів – відпускання різного ступеня.

Зносостійкість загартованих деталей, при шліфуванні яких спостерігається припід (відпускання), зменшується.

Ділянки металу відрізняються зниженою зносостійкістю. На рис. 2.20 показано, що деталі із загартованої сталі 40Х, що мають припід поверхневого шару, зношуються значно інтенсивніше аналогічних деталей без припідку.

Втомна міцність деталей, поверхневі шари яких одержали структурні зміни, звичайно знижується. Часто в зонах відпущеного металу з меншим питомим обсягом розвиваються залишкові напруження розтягування, що знижують утомну міцність деталей. При цьому на межах ділянок зміненої структури можуть утворюватися шліфувальні тріщини, що є джерелом втомних руйнувань деталей.

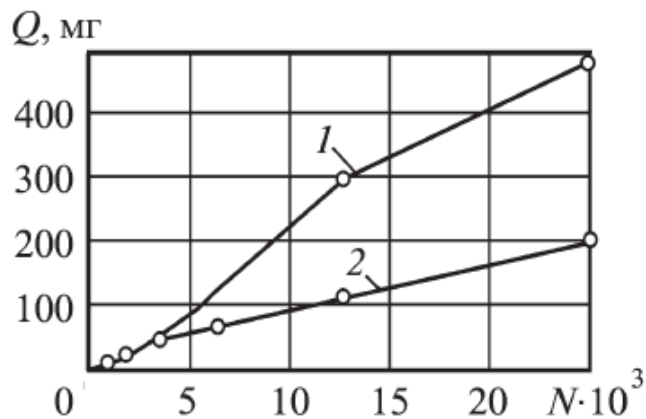


Рисунок 2.20 – Вплив шліфувального припідку на зношування сталевих зразків: 1 – із припідком; 2 – без припідку

2.4.8. Рекомендації з попереднього вибору вимог до фізико-механічних властивостей поверхонь деталей машин

Вибір вимог до фізико-механічних властивостей поверхонь готових деталей повинен проводитися за схемою, описаної в розд. 2.4.7, виходячи із впливу цих параметрів на експлуатаційні властивості деталей. При цьому можуть ураховуватися результати виконаних досліджень впливу фізико-механічних характеристик поверхонь деталей на їхні експлуатаційні властивості (деякі із цих результатів наведено вище) або для конкретного виробу та умов його експлуатації можуть бути проведені спеціальні досліджен-

ня. Цю задачу вирішує конструктор при розробці конструкції машини. Взаємозв'язки фізико-механічних характеристик поверхонь деталей з їхніми експлуатаційними властивостями бувають прямі й непрямі. Перші мають вигляд математичних або графічних взаємозв'язків, другі – рекомендації із призначення методів фінішної обробки або зміцнення поверхонь деталей залежно від умов їх експлуатації. Вибравши ці методи обробки або зміцнення, конструктор призначає їм відповідні їм характеристики мікрогеометрії та фізико-механічних властивостей поверхонь деталей. Розроблені характеристики для основних операцій механічної обробки, поверхневого пластичного деформування (ППД) і деяких електрофізичних методів обробки площин, зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання, зубів, шліців, різьблень. Зазначені характеристики наведено для основних методів зміцнення поверхонь за допомогою ППД, поверхневої й об'ємної термічної обробки, нанесення покриттів, хіміко-термічної, іонно-променевої та лазерної обробки. Знайдені параметри поверхонь деталей повинні перебувати в діапазоні технологічних можливостей виробництва. Обрані параметри робочих поверхонь деталі є для технолога вихідними даними при розробці технологічного процесу її виготовлення. Технолог, вибравши можливі методи обробки, аналізуючи їхні фізико-хімічні процеси та знаючи залежності параметрів поверхневого шару від умов їхньої обробки, визначає режими й умови обробки для кожного з обраних методів, що забезпечують необхідні параметри поверхневого шару для розглянутої поверхні деталі, а також технологічну собівартість обробки. Загальну схему вибору параметрів поверхонь деталей, що забезпечують їм необхідні експлуатаційні властивості, а також технології обробки поверхонь, показано на рис. 2.21.

2.5. Прогнозування та планування змін до вимог якості

2.5.1. Основні причини постійного вдосконалення технічних об'єктів

Причинами необхідності постійного вдосконалювання технічних об'єктів – ТО (розширення їхніх функціональних можливостей, поліпшення якості) є принципи функціонування ринкової економіки та закони розвитку техніки.



Рисунок 2.21 – Схема вибору параметрів поверхневого шару деталі з урахуванням заданих умов експлуатації й їхнього технологічного забезпечення

В умовах ринкової економіки при конкуренції в якійсь галузі виробництва успіху домагається той господарюючий суб'єкт, чия продукція відрізняється найкращим співвідношенням характеристик якості продукції і її ціни. Це змушує виробника постійно прагнути до поліпшення якості продукції при мінімізації її ціни. Розвиток техніки підкоряється певним законам. Основними з них є такі:

- 1) розширення безлічі потреб – функцій;
- 2) стадійного розвитку ТО;
- 3) прогресивної конструктивної еволюції ТО;

- 4) зростання різноманітності ТО;
- 5) ускладнення ТО.

Згідно з першим законом, з розвитком науково-технічного потенціалу у людини виникають нові потреби, для задоволення яких створюються нові (піонерські) технічні засоби. Число нових потреб, що виникли за час t (у роках), може бути розраховане за формулою:

$$P_t = P_0 e^{\alpha_t}$$

де P_0 – загальне число потреб у початковий момент часу ($t = 0$); α_t – *узальнений* емпіричний коефіцієнт, який можна визначити на основі статистичних даних змін P_t у різні історичні періоди. Другий закон стосується в основному ТО, пов'язаних з обробкою певних речовин, переробкою енергії й інформації. При обробці будь-якого матеріального предмета доводиться виконувати такі чотири функції:

- 1) технологічну, яка полягає в зміні або стабілізації стану або положення предмета;
- 2) енергетичну, пов'язану з одержанням і передачею енергії, необхідної для реалізації технологічної функції;
- 3) керування процесом обробки;
- 4) планування робіт, прийняття рішень з числу, номенклатури й якості оброблюваних предметів.

З урахуванням цих функцій можна виділити чотири стадії, які проходять у своєму розвитку більшість обробних машин:

- 1) виникнення та розвиток ручних знарядь, коли вони виконували першу функцію, а люди – три інші функції при обробці різних предметів;
- 2) поява й удосконалювання машин, які здійснюють найбільш трудомісткі технологічну й енергетичну функції;
- 3) виникнення та розвиток машин-автоматів, що взяли на себе поряд з першими двома функціями й функцію керування процесом обробки;
- 4) передачу технічним засобам (часто це автоматизовані системи керування виробництвом – АСКВ) функції планування роботи машин-автоматів і автоматизованих виробництв. Причинами переходу класу машин до чергової стадії розвитку є вичерпання можливостей людини при ви-

конанні однієї з названих чотирьох фундаментальних функцій, а також наявність науково-технічного потенціалу, соціально-економічної доцільності й рівня підготовки працівників.

Третій закон (прогресивної конструктивної еволюції) розглядає зміну основних характеристик ТО (критеріїв розвитку), що оцінюють досконалість елементів ТО: фізичного принципу дії, технічного рішення, робочих параметрів ТО. Спочатку поліпшуються значення критеріїв розвитку параметрів ТО – K . Коли значення K досягають свого граничного значення (екстремуму), починають удосконалювати структуру ТО (технічне рішення). Коли можливості поліпшення технічного рішення вичерпано, переходять до вдосконалення фізичного принципу дії. На кожному етапі вдосконалювання ТО критерії розвитку K змінюються за формулою:

$$K = L / (a + e^{be^{-\beta t}}),$$

де L, a, b, β – коефіцієнти, обумовлені статистичним даними; t – час.

Ця функція називається *S-функцією*. Її форму показано на рис. 2.22.

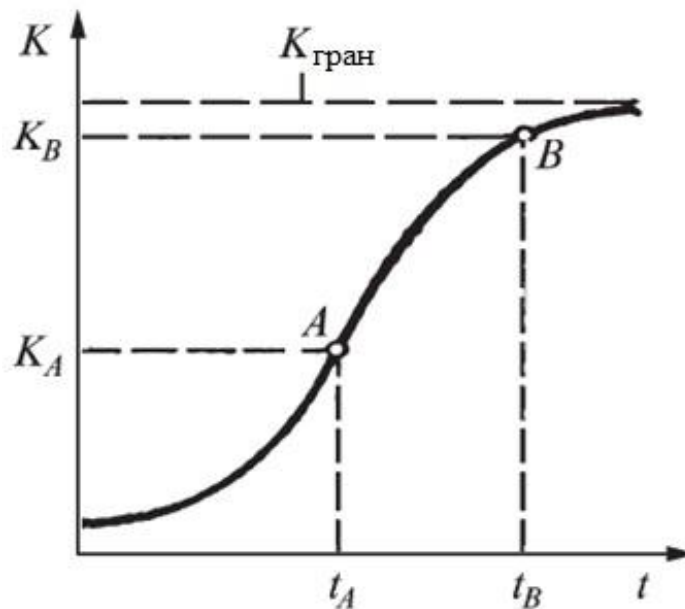


Рисунок 2.22 – Закономірність зміни критерію розвитку при незмінному принципі дії: $K_{\text{гран}}$ – граничне значення критерію

Закони зростання різноманітності та складності ТО в значній мірі є наслідком розглянутих вище трьох основних законів розвитку ТО. Їхній зміст відповідає їхнім назвам. Кожний ТО розвивається циклічно, постійно повторюючи наступний цикл:

- 1) початок виготовлення й використання покоління S_i ТО;
- 2) нагромадження протягом часу t недоліків у покоління S_i ТО;
- 3) створення (розробка) нового покоління S_{i+1} , що усуває недоліки S_i .

За допомогою прогнозування зміни якості ТО виробник повинен встановити терміни початку та закінчення другого етапу і його зміст, а за допомогою планування якості – терміни початку та закінчення третього етапу життєвого циклу ТО і його зміст. Чим точніше прогноз і ефективніше планування робіт з поліпшення якості ТО, тим більше ймовірність того, що виробник випередить конкурентів при створенні нових ТО, і що попит на ці ТО зросте в порівнянні з попереднім поколінням ТО. Прогнозування та планування якості продукції є обов'язковою складовою системи керування її якістю.

2.5.2. Завдання й види прогнозування якості виробів, вихідні дані

Прогнозування якості виробів – процес одержання науково обґрунтованої інформації про зміну, розвиток і стан якості виробів у майбутньому при оптимальних умовах його забезпечення. Прогнозування якості виробів – складова частина прогнозування науково-технічного прогресу, що входить у систему прогнозування економічного розвитку. Метою прогнозування якості виробів є:

- визначення одиничних показників якості виробу;
- оцінка ступеня досягнення виробами встановлених показників якості;
- забезпечення технічного рівня якості виробів.

Результатом прогнозування якості виробів треба вважати кількісні оцінки показників якості деталей, складальних одиниць, отримані на кінцевій стадії їхньої розробки, і внесення в технічні умови.

На підставі результатів прогнозування показників якості виробів необхідно:

- оцінювати якість конструктивних рішень і вибирати оптимальний варіант конструкції (структурне прогнозування);
- встановлювати вимоги до параметрів (параметричне прогнозування);

- розробляти заходи щодо підвищення якості.

У прогнозуванні якості виробів розрізняють *об'єкт прогнозування* й *прогноз*. *Об'єкт* прогнозування – сукупність взаємозалежних з урахуванням структури та значимості параметрів якості виробів, які потрібні для управління якістю. Прогнозуванням установлюють *прогноз* – прогнозну інформацію, виражену в якісній або кількісній формі, з певним ступенем імовірності про зміну, розвиток і стан об'єкта прогнозування в майбутньому (еволюційний стан) і шляхи досягнення такого стану на основі дослідження закономірностей його поведінки в минулому (ретроспективний стан) і сьогоденні. Вивчення й прогноз потреб, технічного рівня і якості продукції здійснюється в кілька етапів:

- 1) виявлення вимог споживача до номенклатури, асортименту і якості продукції на перспективний період її виробництва та споживання;
- 2) аналіз науково-технічних і економічних можливостей і шляхів задоволення потреб споживача у певній продукції;
- 3) встановлення номенклатури, асортименту та показників якості перспективних видів продукції й розробка пропозицій для ухвалення планового рішення про створення нової або модернізації продукції, що випускається, для задоволення прогнозованих потреб.

Прогнози класифікують за тривалістю прогнозованого періоду, періодичністю складання, ступенем повноти розробки і т.п. За тривалістю прогнозованого періоду вони бувають термінові, коротко-, середньо- і довгострокові. Терміновий прогноз звичайно розробляється на один рік із включенням його основних положень у план підприємства або галузі на рік. Короткостроковий прогноз складається на 5–7 років і подає вихідну інформацію для розробки оперативних заходів щодо поліпшення асортименту і показників якості продукції, що випускається. Середньостроковий прогноз враховує загальні напрямки в структурі потреб, технічного рівня і якості продукції й розраховується на 10–15 років. Довгостроковий прогноз складається на 20–25 років відповідно до комплексної програми науково-технічного прогресу. Результати прогнозів кожного наступного рівня повинні служити джерелом інформації при розробці прогнозу на більш короткий період. За періодичністю складання прогнози поділяються на періодичні, розроблювані регулярно й аперіодичні, за ступенем повноти – на попе-

редні й остаточні. Як ті, так і інші повинні мати кількісне вираження, а також опис і обґрунтування напрямків рішення поставлених завдань. Вибір об'єкта прогнозування може бути здійснений за такою схемою для виробу, що має N параметрів.

1. Аналізується поставлене завдання, і кількість прогнозованих показників може зменшуватися до k , де $0 \leq k \leq N$.

2. Аналізується об'єкт прогнозування. При аналізі об'єкта прогнозування із числа прогнозованих показників виключаються l показників, що виявляють другорядний вплив на підвищення його технічного рівня.

3. Із числа прогнозованих показників виключаються також ті t показники, за якими інформація відсутня або є недостовірною.

4. Аналізуються залежності між показниками. Якщо є p залежностей між показниками, то число прогнозованих показників може бути зменшене на p . Таким чином, число прогнозованих показників можна визначити як різницю:

$$n = N - (k + l + t + p),$$

де l – число другорядних показників; t – число показників, що не мають достовірної інформації; p – число залежностей між показниками.

Вимоги до результатів прогнозів залежать від того, для прийняття яких рішень вони використовуються. Найбільш тверді вимоги результатів прогнозів вимагаються при встановленні параметрів об'єктів, які записані у конструкторській, технологічній і нормативно-технічній документації, тому що втрати внаслідок неоптимальності значень цих параметрів звичайно перевищують втрати через неоптимальність інших рішень (наприклад, втрати, пов'язані з помилками прогнозів при плануванні рівня якості). Розрізняють точність і період попередження прогнозів. Точність прогнозів характеризує точність прогнозування параметрів (їхні імовірнісні характеристики). Встановлені за результатами прогнозів значення параметрів неминуче відхиляються від абсолютно оптимальних через недосконалість методів прогнозування й наявність невизначеностей. Втрати внаслідок відхилення значень параметрів від оптимальних, викликані помилками прогнозування, зменшуються з підвищенням точності прогнозування (крива 1 на рис. 2.23). 3

ростом точності збільшуються витрати коштів і часу на прогнозування (крива 2). Сумарні витрати на розробку прогнозів і витрати, викликані його помилками (крива 3), мають мінімум (точка 0). Відповідна точність прогнозу є оптимальною. *Період попередження прогнозу* – це інтервал часу, на який розробляється прогноз. Мінімумально необхідний період попередження прогнозу T_{\min} (у роках) визначається за формулою:

$$T_{\min} = T_p + T_k,$$

де T_p – час розробки й впровадження нормативно-технічного документа; T_k – час від моменту впровадження до моменту, для якого обчислюються оптимальні параметри.

Якщо прийняти, що $T = T_d/2$, де T_d – час дії документа, то при $T_p = 2$ роки й $T_d = 5$ років отримуємо $T_{\min} = 4 \div 5$ років. Збільшення періоду попередження прогнозу призводить до зниження точності його результатів.

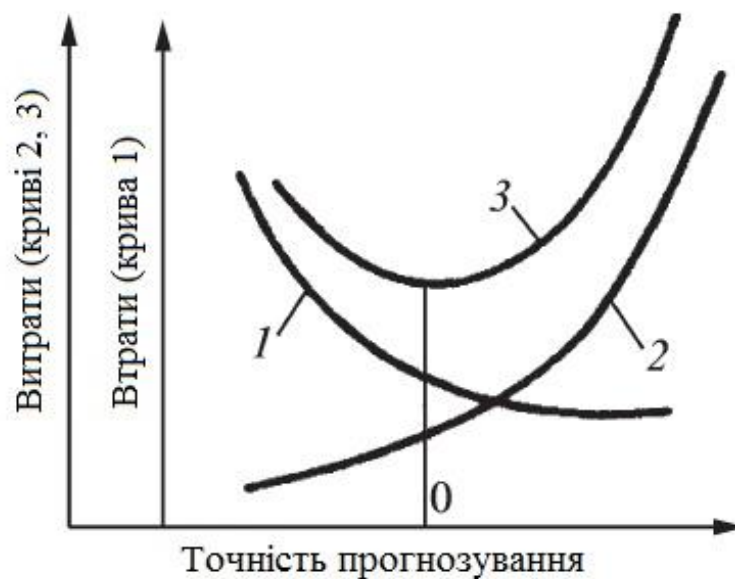


Рисунок 2.23 – Залежності втрат і витрат від точності прогнозування

Збір прогнозної інформації засновано на системі збору й обробки вихідної інформації з урахуванням вимог, загальних для будь-якого процесу

прогнозування якості виробів машинобудування. Вихідною інформацією для прогнозування якості виробів є:

- конструкторська документація на різних стадіях розробки виробу (технічне завдання, ескізний проект, технічний проект, робочі креслення);
- банк даних про вироби-аналоги, що включає в себе статистичні дані про результати експлуатації;
- банк даних про дослідницькі випробування й експлуатацію виробів.

Система збору й обробки інформації про якість виробів повинна забезпечити:

- одержання порівняних і об'єктивних даних про якість однотипних виробів;

• можливість узагальнення в галузях результатів обробки інформації про якість однотипних виробів;

– можливість організації централізованої обробки інформації про якість деталей і складальних одиниць загальномашинобудівного застосування та комплектуючих виробів, що входять у різні за функціональним призначенням вироби;

• встановлення ефективного зворотнього зв'язку між розроблювачами, виробниками й споживачами виробів. Збір і обробку інформації про якість виробів проводять для одержання достовірних даних, що забезпечують можливість розробки й проведення конструкторських удосконалень виробів, удосконалення виробництва, поліпшення ремонтних робіт і зниження витрат на їхнє виробництво, дотримання правил експлуатації й підвищення ефективності технічного обслуговування з метою підвищення якості. Основні вимоги до системи збору інформації про якість виробів полягають у:

- незначній трудомісткості підготовки первинних статистичних даних про якість і надійність виробів;

• способі запису первинної інформації, а також реєстрації її в існуючих формах;

- безлімітних реєстраційних формах обсягу збору інформації.

Усі ці питання легко вирішуються при введенні автоматизованих систем обліку й збору інформації про якість і надійність виробів.

2.5.3. Методи прогнозування якості продукції

Прогнозування зміни вимог до параметрів якості виробів у часі виконують методами моделювання, експертних оцінок, обліку законів розвитку техніки. Як відомо, удосконалювання виробів може відбуватися поступово (еволюційний шлях) або стрибкоподібно (революційний шлях). Приклади обох шляхів розвитку показано на рис. 2.24. У першому випадку удосконалювання ТО відбувається завдяки поліпшенню його параметрів і технічному рішенню (структурі), у другому випадку – внаслідок зміни фізичного принципу дії ТО. Моделювання застосовують в основному для прогнозів поступової зміни параметрів якості, експертні оцінки й закони розвитку – для всіх форм розвитку ТО. *Модель* є уявленням об'єкту, системи або поняття (ідеї) у деякій формі, відмінній від форми їх реального існування. Модель служить звичайно засобом, що допомагає пояснити й удосконалити систему.

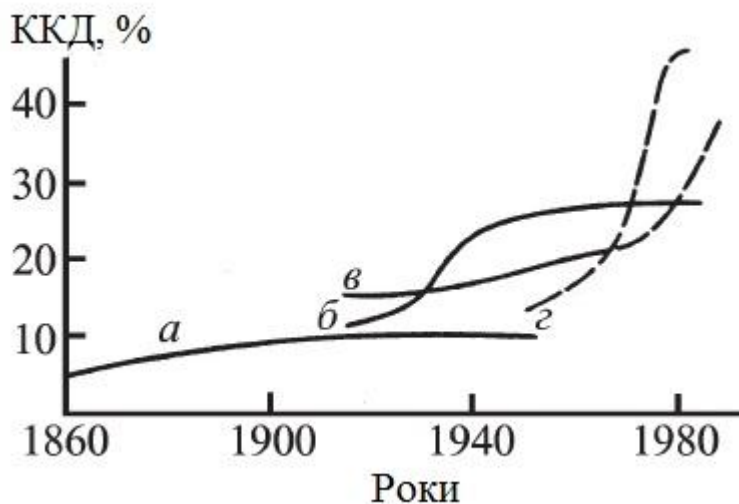


Рисунок 2.24 – Схематичне зображення традиційного й стрибкоподібного розвитку об'єкту прогнозування (на прикладі розвитку локомотивів):

а – паровоз; б – тепловоз; в – електровоз; г – газотурбовоз

Модель будь-якого об'єкта може бути або точною копією цього об'єкта (хоча й виконаної з іншого матеріалу й в іншому масштабі), або відображати деякі характерні властивості об'єкта (наприклад, зміну його параметрів у часі, взаємозв'язку параметрів ТО з умовами його експлуатації й ін.) в

абстрактній формі. Ці типи моделей називають також *фізичними* та *математичними*. Для прогнозування якості найбільш часто використовують такі математичні моделі, як аналітичні й дослідно-статистичні, а також імітаційні. *Аналітичні моделі* демонструють загальні закономірності фізичних процесів, що відбуваються у виробі або системі. Для одержання цих моделей використовують диференціальне й інтегральне обчислення, чисельні методи й ін. Метод не вимагає великих витрат, тому що є теоретичним. Однак його точність не завжди достатня. Дослідно-статистичні моделі описують поведінку ТО на основі статистичної обробки експериментальних даних, виявлених при випробуваннях або експлуатації ТО. При цьому використовують залежності та дані, отримані за допомогою кореляційно-регресійного та дисперсійного аналізів, а також інших ймовірносно-статистичних методів.

Ці моделі найбільш точні, оскільки в максимальному ступені враховують особливості конструкції й експлуатації цього типу ТО. Точність усіх моделей зростає зі збільшенням стійкості досліджуваного процесу, тобто його здатності зберігати значення основних параметрів у часі. При *імітаційному моделюванні* вивчають імовірнісні характеристики розглянутого процесу зміни якості ТО шляхом багаторазових реалізацій за допомогою ЕОМ взаємодій факторів, що визначають параметр пошуку. При цьому зберігаються закони розподілу цих факторів, встановлені експериментально або аналітично, їхня логічна структура, послідовність зміни у часі й інші особливості взаємодії та зміни факторів. Роль масивів значень кожного фактора виконують масиви випадкових чисел, одержуваних за заданою програмою генератором випадкових чисел. Найбільш відомим методом імітаційного моделювання є метод Монте-Карло (метод статистичних випробувань). Імітаційне моделювання не дає можливості одержання дискретних оцінок досліджуваного процесу, але дозволяє краще зрозуміти його природу та встановлює його імовірнісні характеристики. Цей метод має досить велику сферу застосування, тому що досить легко реалізується й придатний для дослідження різноманітних процесів, у тому числі для вивчення зміни процесу в часі. *Експертний метод прогнозування* полягає в обробці суджень фахівців. Цей метод ефективний за умови, що фахівці мають відповідний досвід і досить точне уявлення про майбутні умови створення та використання виробу. Він заснований на інтуїтивнім прогнозуванні за мето-

дом Дельфі, методиці колективної експертизи, які при високій обґрунтованості та повноті відповідей експертів і об'єктивному виявленні суджень різних шкіл і напрямків можуть служити джерелом інформації. Останній допускає проведення дискусій, коли створюють так звану конфліктну ситуація, що сприяє виробленню достовірних суджень. Експертний метод прогнозування слід застосовувати, якщо неможливо або недоцільно в конкретних умовах використовувати розрахункові методи, а саме: якщо мало інформації; якщо припустима наближена оцінка; є невідповідними деталі та складальні одиниці; при експрес-оцінці надійності й якості. Для підвищення точності експертного прогнозування якості продукції рекомендується використовувати різні методи інженерної творчості: мозковий штурм, морфологічний аналіз, метод евристичних прийомів, функціонально-вартісний аналіз, теорію вирішення винахідницьких задач та ін.

Закони побудови й розвитку техніки придатні як для оцінки етапу розвитку деякого ТО у цей час, так і для прогнозування найбільш перспективних напрямків його розвитку й вибору оптимальних рішень при розробці нового покоління ТО. Для оцінки етапу розвитку ТО можна використовувати закони стадійного розвитку та прогресивної конструктивної еволюції. Закони розширення безлічі потреб – функцій, зростання різноманітності й складності ТО – можна враховувати при виборі потреби (функції), яку буде задовольняти виробник за допомогою своєї нової продукції. Цю задачу він вирішує на першому етапі розробки нових виробів.

На другому етапі розробки при визначенні оптимальних споживчих властивостей виробів слід використовувати закони стадійного й еволюційного розвитку техніки. Виходять при цьому з інформації про створення та розвиток аналогів деякого виробу. На третьому етапі розробки за законом відповідності між функцією та структурою ТО вибирають функціональну структуру ТО. На четвертому етапі розробки виробу нового покоління визначають принцип дії ТО. При цьому треба розглянути всі можливі фізико-технічні ефекти, які можуть бути використані в обраній раніше функціональній структурі ТО. На п'ятому й шостому етапах виконують вибір технічного рішення для реалізації прийнятого принципу дії ТО й визначають оптимальні параметри ТО. При цьому можна використовувати закони гомологічних рядів ТО, симетрії, кореляції параметрів, гармонійного співвідно-

шення параметрів ТО й ін. При прогнозуванні параметрів якості ТО можливе використання й комбінації розглянутих та інших методів.

2.5.4. Задачі та види планування якості продукції

За результатами прогнозування зміни вимог до якості продукції проводять планування якості. Основною задачею планування якості є підвищення ефективності виробництва на основі поліпшення конкурентоспроможності продукції й удосконалювання виробництва. Це у свою чергу сприяє кращому задоволенню потреб покупців деякої продукції, реалізації політики виробника в галузі якості. *Планування якості – це діяльність, яка здійснюється виходячи з політики якості, вимог замовників і ринків збуту й установлює цілі та вимоги до якості шляхом розробки планів поліпшення якості продукції, що випускається, підвищення рівня технології та метрології, планів підготовки персоналу та вдосконалення системи якості із встановленням кількісних критеріїв для наступної оцінки виконання накреслених планів.* Планування якості продукції проводиться за його основними показниками, розглянутими вище у розд. 1.4. Програма підвищення якості (ППЯ) продукції – плановий документ, що містить комплекс науково-технічних, виробничих, економічних і інших заходів, спрямованих на реалізацію найбільш ефективними шляхами задач підвищення технічного рівня і якості продукції. Ця програма охоплює всі етапи життєвого циклу продукції: дослідження та проектування, виробництво, узагальнення й реалізацію, експлуатацію. ППЯ містить у собі такі елементи: ціль програми; комплекс заходів, що забезпечують досягнення цієї цілі; техніко-економічне та ресурсне обґрунтування; організаційні та економічні умови реалізації програми. Залежно від рівня керування ППЯ може бути міжгалузевою, галузевою, регіональною, одного підприємства або організації.

Найбільш ретельно розробляються ППЯ підприємств. При цьому планування можуть здійснювати на двох рівнях: *перший рівень* – стратегічне планування, у якому намічають основні напрямки робіт в галузі якості на перспективу. Стратегія якості є частиною загальної стратегії підприємства й може бути викладена разом з політикою якості; *другий рівень* – поточне планування якості, що включає, як правило, плани, накреслювані на майбутній рік, а саме плани:

- зняття з виробництва застарілих виробів;
- модернізації виробів, що випускаються, з підвищенням їхньої якості;
- розробки й освоєння нових виробів;
- проведення науково-дослідних робіт.

Плани другого рівня розробляють дослідницькі та конструкторські відділи: план впровадження прогресивних технологій (план технічного переозброєння) і план перевірки устаткування на точність – технологічний відділ; план впровадження інформаційних технологій – обчислювальний центр; плани підвищення кваліфікації персоналу, зміни його структури та чисельного складу, поліпшення мотивації праці – кадрова служба, відділ праці та зарплатні. Плани – внутрішніх перевірок системи якості; сертифікації продукції й системи якості; контролю якості продукції замовниками; стандартизації; вдосконалення метрологічного забезпечення виробництва розробляє служба якості. У загальному випадку функція планування повинна відповідати на три питання:

- де ми перебуваємо в цей час;
- куди ми прагнемо рухатися;
- як ми збираємося це робити.

2.5.5. Процедура планування якості продукції

При розробці будь-якого виду ППЯ цикл планування починають зверху, з керівництва організації або служби. На цьому етапі розробляють мету, принципи дії й задачі структури, для якої створюють план. Потім до підготовки плану залучають відділи й підрозділи організації або служби. При цьому визначають тактику робіт з підвищення якості та параметри якості продукції, яких необхідно досягти у планований період. Обов'язковим етапом є узгодження ППЯ із спорідненими структурами для узгодження за терміном і кількісними показниками запланованих заходів. Залучення як можна більш широкого кола безпосередніх виконавців ППЯ до його підготовки підвищує його ефективність. Зростає мотивація виконавців, тому що вони більш зацікавлені в реалізації власних планів, підтвердженні своєї кваліфікації та корисності для організації, ніж при виконанні чужих планів, розроблених невідомо де й ким. Усі ППЯ на підприємстві узгоджують також зі службою якості та затверджують керівництвом підприємства (відпо-

відальним за якість). Для зручності контролю над виконанням планів і демонстрації їх замовникам і аудиторам усі перераховані плани можуть бути об'єднані та видані у вигляді щорічного наказу по підприємству. У вступній частині наказу підводять підсумки з якості за минулий рік і ставлять задачі на наступний.

Подібна практика випуску щорічного наказу № 1 з якості здійснюється на ряді великих підприємств України.

Питання для самоперевірки

1. Загальні принципи оптимізації вимог до якості.
2. Поняття і різновиди математичних моделей об'єктів, процесів.
3. Використання математичних моделей для управління якістю продукції.
4. Задачі та методи оптимізації якості.
5. Основні принципи моделей оптимізації якості.
6. Зміст методу Г. Тагуті з призначення допусків на продукцію.
7. Основні поняття про точність в машинобудуванні.
8. Задачі і методи визначення точності розмірів в машинобудуванні.
9. Які чинники впливають на вибір методу розрахунку точності?
10. Методи оптимізації параметрів точності виробів.
11. Від чого залежить вибір вимог до точності деталей машин?
12. Погрішності форми поверхонь.
13. Погрішності розташування поверхонь.
14. Поєднання відхилень розташування і форми поверхонь.
15. Як призначити вимоги до точності форми і розташування поверхонь?
16. Поняття «шорсткість поверхні» і «хвилястість поверхні» деталей машин, принципи їхнього нормування.
17. Вплив технологічних чинників на шорсткість і хвилястість поверхонь.
18. Вплив шорсткості і хвилястості поверхонь на експлуатаційні властивості деталей машин.
19. Як вибрати вимоги до шорсткості поверхонь деталей машин?
20. Будова поверхневого шару деталей машин і його фізико-механічні властивості.
21. Принципи і послідовність вирішення задачі вибору вимог до параметрів якості поверхонь деталей машин.
22. Вплив фізико-механічних характеристик поверхонь деталей машин на їхні експлуатаційні властивості.
23. Основні принципи вдосконалення технічних об'єктів.
24. Задачі та види прогнозування якості виробів.
25. Методи прогнозування якості продукції.
26. Задачі, види і організація планування якості продукції.

3. СЕРТИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЯКОСТІ

3.1. Загальні відомості про сертифікацію та підтвердження відповідності в Україні

Слово «сертифікація» у перекладі з латинської (*certifico*) означає «підтверджую», «засвідчую». Його можна також тлумачити, виходячи зі сполучення латинських слів *certum* – «вірно» і *t'acere* – «зроблено». Хоча історики знаходять зародки сертифікації ще в давній період (клеймування виробів як підтвердження високої якості роботи майстра; процедура страхування багато століть супроводжувалася оцінкою стану об'єкта, який страхується, що засвідчувалося документально тощо), але як термін з чітким визначенням слово «сертифікація» прийняте недавно.

Виникнення великої групи термінів, пов'язаних із процедурою сертифікації, наповнення сучасним змістом поняття «сертифікація» пов'язане з різким загостренням в останнє десятиліття проблеми якості товарів і послуг; глобалізацією міжнародної торгівлі; значною розмаїтістю (часом невинуватою) виробів одного функціонального призначення, але різної якості; конкуренцією товаровиробників; нарешті, просто з необхідністю гарантувати безпеку продукції для її споживача. Виникла потреба в особливому методі, інструменті, який би, незалежно від країни-постачальника продукції, фірми, технології, системи контролю якості тощо, давав гарантію того, що продукція, робота, послуга виконані в повній відповідності до вимог, затверджених документально. Таким інструментом наприкінці ХХ ст. і стала процедура, що визначається терміном «сертифікація».

Уперше визначення поняття «сертифікація» було дане Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) у 1982 р. У відповідному Керівництві ISO/IEC 2:1982 поняття сертифікації сформульоване так: «Сертифікація відповідності являє собою дію, що засвідчує за допомогою сертифіката відповідності або знака відповідності, що виріб чи послуга відповідає визначеним стандартам чи іншому нормативно-технічному документу».

З часом формулювання поняття сертифікації поступово уточнювалося. У згаданому Керівництві в редакції 1986 р. термін «сертифікація» доповнився примітками:

1. Сертифікація є загальним терміном, що припускає участь третьої сторони в сертифікації продукції, технологічних процесів чи послуг (сертифікація відповідності);

2. Прогрес у галузі оцінки систем якості викликає необхідність нового поняття сертифікації систем якості (сертифікація можливостей постачальника).

Під «третьою стороною» у процедурі сертифікації мають на увазі незалежну, компетентну організацію, що здійснює оцінку якості продукції стосовно учасників купівлі-продажу. Першою стороною прийнято вважати виготовлювача, продавця продукції, другою – покупця, споживача.

Керівництво ISO/IEC 2: 1986 включає ряд термінів, що розкривають поняття «відповідність продукції». Так, відповідність визначена як «задоволення продукцією, технологічними процесами чи послугами установлених вимог». При цьому пропонують два різновиди відповідності: заява про відповідність і сертифікація відповідності.

Заява про відповідність визначена як «заява постачальника під його повну відповідальність поза рамками сертифікаційної системи про те, що продукція, технологічний процес чи послуга відповідають визначеному стандарту чи іншому нормативно-технічному документу». Із цього визначення очевидно, що «заява про відповідність» не передбачає ніякої юридичної, адміністративної чи економічної відповідальності постачальника. Винятком є випадки, коли в законодавстві окремих країн є положення, що зобов'язують постачальників продукції подавати достовірну інформацію про продукцію, що ними випускається.

Сертифікація відповідності в редакції Керівництва ISO/IEC 2:1986 визначається як «гарантія третьої сторони в тому, що з адекватним ступенем вірогідності продукція, технологічний процес чи послуга відповідають визначеним стандартам або документам, що установлюють вимоги до них».

Наведене визначення поняття «сертифікація відповідності» показує, що, по-перше, сертифікація відповідності безпосередньо пов'язується з компетентною і незалежною стороною, яка гарантує цю відповідність і засвідчує її за допомогою сертифіката або знака відповідності; по-друге, сертифікація відповідності визнається тільки в тому разі, коли вона проводиться в рамках організаційної системи (системи сертифікації) відповідно до

встановлених правил; по-третє, уведене поняття «адекватного ступеня вірогідності», що пов'язане з неможливістю гарантувати абсолютну відповідність серійної продукції, яка масово випускається, вимогам стандартів навіть при проведенні суцільного контролю якості, – завжди є ймовірність невідповідності певної, нехай мінімальної, кількості продукції установленим вимогам.

На сьогодні, згідно з останньою (1996 р.) редакцією Керівництва ISO/IBC 2: 1986, поняття *сертифікації відповідності* можна сформулювати так: «Сертифікація – це процедура підтвердження відповідності результату виробничої діяльності, товару, послуги нормативним вимогам, за допомогою якої третя сторона документально засвідчує, що продукція, робота (процес) чи послуга відповідають заданим вимогам».

Третя сторона (наприклад випробувальна лабораторія) для підтвердження своєї компетентності й об'єктивності проходить процедуру акредитації, тобто офіційного визнання її можливостей здійснювати відповідний вигляд контролю чи випробувань.

Визначення терміну «сертифікація» в Україні було покладено в основу поняття сертифікації, прийнятого згідно ДСТУ 2462-94. Система сертифікації УкрСЕПРО. Терміни та визначення. Згідно з яким сертифікація це процедура підтвердження відповідності, за допомогою якої третя сторона письмово засвідчує, що продукція, процес або послуга відповідають заданим вимогам. Участь третьої сторони у підтвердженні відповідності є головною ознакою сертифікації.

Згідно із Законом України «Про підтвердження відповідності» від 17.05.2001 р. термін *сертифікація* визначають як *процедуру, за допомогою якої призначений в установленому порядку орган документально засвідчує відповідність продукції, систем управління якістю, систем управління довіллям, персоналу встановленим законодавством вимогам.*

Обов'язкову сертифікацію проводять на відповідність щодо вимог чинних законодавчих актів України та обов'язкових вимог нормативних документів, міжнародних і національних стандартів інших держав, що чинні в Україні. Перелік продукції, яка підлягає обов'язковій сертифікації, затверджує Держстандарт України.

Добровільну сертифікацію проводять на відповідність до вимог, які не віднесені до обов'язкових. Якщо для зазначеної продукції встановлені обов'язкові вимоги, то їх завжди включають до вимог добровільної сертифікації.

Організаційна система (система сертифікації) є другим за важливістю терміном процедури підтвердження відповідності. Цей термін в останній редакції Керівництва ISO/IBC 2:1986 визначається як «система, що має свої власні правила, процедури і керівництва для проведення сертифікації відповідності». Основним у цьому визначенні є те, що сертифікація в рамках системи має проводитися за єдиними правилами. У примітці до цього визначення зазначається, що системи сертифікації можуть створюватися на трьох рівнях: національному, регіональному і міжнародному.

Наступним важливим терміном сертифікації є термін «*схема сертифікації*». Поняття, що позначається цим терміном, являє собою «*систему сертифікації стосовно конкретної продукції, технологічного процесу чи послуги, на які поширюються ті ж самі стандарти та правила*».

Серед інших термінів і визначень, наведених у Керівництві ISO/IBC 2:1986, є ще два, що глибше та детальніше розкривають вихідне поняття сертифікації. Ці два терміни – *сертифікат відповідності* і *знак відповідності*.

Сертифікат відповідності – це документ, виданий відповідно до правил системи сертифікації, який зазначає, що деяка продукція, технологічний процес чи послуга відповідають вимогам, які визначені стандартами чи іншими документами, що установлюють вимоги до них.

Об'єкт сертифікації (продукція, процес, послуга тощо) має бути ідентифікованим, тобто сертифікації може підлягати саме цей об'єкт і ніякий інший, зокрема похідний від нього або зовсім фальсифікований.

Знак відповідності (знак сертифікації) – знак, який оберігається законом (сполучення літер, цифр, графічних символів тощо), використовується відповідно до прийнятих правил системи сертифікації і вказує, що деяка продукція, технологічний процес чи послуга відповідають конкретним стандартам або іншим нормативним документам, що установлюють вимоги до них.

Інколи споживач може вимагати документ, що засвідчує наявність і стабільну роботу систем управління якістю продукції, системи екологічної безпеки підприємства та системи управління охороною праці на підприємстві. Тому проводиться встановлення відповідності роботи підприємства нормативним документам ISO серії 9000, 10000, 14000, 22000. Якщо виробництво відповідає вимогам, то це може бути засвідчено у вигляді *сертифіката на систему якості* підприємства.

Із наведених формулювань можна зробити висновок, що сертифікація не пов'язана із забезпеченням того чи іншого рівня якості продукції або послуги, вона лише гарантує споживачеві той факт, що продукція виготовлена, послуга виконана в повній відповідності до вимог стандартів або інших нормативних документів на цю продукцію чи послугу при однозначному тлумаченні документів і об'єктивних методів перевірки.

І на закінчення вкажемо на новітнє поняття для української сертифікації, що вводиться в практику в зв'язку з інтеграцією економіки країни у світову господарську систему і необхідністю гармонізації вітчизняних правил сертифікації з міжнародними правилами. Мова йде про *підтвердження відповідності* як більш загальний і більш гнучкий, ніж сертифікація, спосіб оцінки якості й безпеки продукції та послуг. *Підтвердження відповідності*, на відміну від сертифікації, що проводиться винятково третьою стороною, може здійснюватися постачальником (першою стороною), органом із сертифікації (третьою стороною) або одночасно постачальником та органом із сертифікації.

Підтвердження відповідності можна визначити як діяльність, результатом якої є заява, що дає впевненість у тому, що продукція, процес чи послуга відповідають заданим вимогам. Щодо продукції така заява може мати вигляд документа, етикетки або іншого подібного засобу. Вона може бути надрукована в товаро-супровідній і експлуатаційній документації або в каталозі продукції.

3.2. Сертифікація і технічні бар'єри в торгівлі

Запровадження сертифікації пов'язано з наданням споживачеві гарантій щодо відповідності товарів, які купуються, вимогам конкретних стандартів. Із розвитком сертифікації став очевидним її позитивний вплив на торговельні зв'язки між країнами: терміни одержання дозволу на ввезення значно скорочувались для сертифікованого товару; не вимагалися повторні випробування в країні, якщо вона визнавала сертифікат постачальника.

Але зі збільшенням кількості національних систем сертифікації все чіткіше визначалися їхні відмінності. Ці відмінності пов'язані як із стандартами, на відповідність яким проводять сертифікаційні випробування, так і з законами, на підставі яких введена сертифікація, а також з правилами процедури сертифікації тощо. У зв'язку з цим визначилась зовсім інша роль сертифікації в міжнародній торгівлі – як технічного бар'єра.

Сертифікаційні бар'єри виникають не лише через вказані причини, які значною мірою склалися об'єктивно. Зовсім інший механізм виникнення перешкод у торгівлі має перетворення сертифікації у засіб протекціонізму для захисту внутрішнього ринку від проникнення товарів іноземного виробництва. У таких випадках використовують ускладнення адміністративного боку випробувань товарів, що імпортуються, посилюють контроль якості, приймають державні стандарти щодо процедури випробувань, що впливає на порядок визнання іноземних сертифікатів, а для деяких країн визнання виявляється неможливим. Протекціоністські заходи нерідко пов'язані з прийняттям національних обов'язкових стандартів або технічних регламентів під тиском транснаціональних корпорацій, які, як відомо, беруть активну участь у стандартизації на національному рівні, забезпечуючи головну частину фінансування діяльності національних організацій зі стандартизації.

Імовірність перетворення стандарту на інструмент конкурентної боротьби дуже велика, а оскільки іноземному постачальникові подібної продукції доведеться доводити її відповідність, як правило, у таких випадках досить високим вимогам, отримати сертифікат відповідності проблематично. В організації систем сертифікації є випадки створення таких умов отримання сертифіката, які неможливо виконати середнім і тим більше малим фірмам.

Проблеми, пов'язані з нетарифними бар'єрами і шляхами їх усунення, знайшли віддзеркалення в Угоді з технічних бар'єрів у торгівлі, яку було прийнято на Уругвайському раунді ГАТТ у 1993 р.

У сфері сертифікаційних бар'єрів Угода торкається питань процедури оцінки відповідності та визнання оцінки відповідності; міжнародних і регіональних систем оцінки відповідності, а також інформації про технічні регламенти, стандарти і процедури оцінки відповідності.

Загальний принцип Угоди полягає в тому, що для продукції, яка імпортується, має створюватися не менш сприятливий режим, ніж для товарів внутрішнього виробництва.

За процедурами оцінки відповідності Угода зобов'язує країни-учасниці гарантувати виконання центральними урядовими органами таких положень:

- приймати такі процедури оцінювання відповідності, які не створюють дискримінації для іноземних постачальників як за самою процедурою, так і за оплатою за цю послугу. Місце розташування випробувального обладнання не має створювати додаткових незручностей;

- постачальник повинен мати можливість здійснювати оцінку відповідності на місці виготовлення з отриманням знака системи;

- процедури оцінки «не мають бути більш суворими або застосовуватися суворіше, ніж це необхідно» для засвідчення відповідності товару технічному регламенту (стандарту). Не можуть створюватися перешкоди в міжнародній торгівлі й шляхом затримки випробувань, заявник має бути інформований про перебіг оцінки з поясненням причини затримки;

- дотримання конфіденційності інформації про товар, який випробується, необхідної для захисту законних комерційних інтересів;

- якщо продукція, яка визнана відповідною технічному регламенту (стандарту), модифікована, то необхідно процедуру її оцінки обмежити. У цьому випадку необхідно впевнитися лише в тому, що продукція відповідає вимогам, які висуваються;

- як нормативну основу для процедури оцінки відповідності необхідно застосовувати міжнародні стандарти, керівництва і рекомендації, видані або такі, що перебувають на завершальній стадії розробки в міжнарод-

них організаціях. Неможливість їхнього повного або часткового використання має бути чітко обґрунтована;

- за відсутності міжнародних розробок, а також коли національні правила процедур оцінки відповідності не гармонізовані з міжнародними, країни-учасниці повинні: відкрито публікувати повідомлення про наміри прийняття конкретної процедури оцінки відповідності і про те, на які види продукції вона розповсюджується; повідомляти інші країни-учасниці про ці нововведення і надавати їм час для обговорення та підготовки письмових зауважень;

- якщо при розгляді країнами-учасницями подібних нововведень виникають проблеми, що стосуються національної безпеки, загрози життю і здоров'ю людей, екології, то країна має право відмовитись від відповідних положень. Процедури оцінки відповідності можуть бути прийняті місцевими урядовими та неурядовими органами;

- країни-учасниці несуть відповідальність за виконання тих вимог даної Угоди, які стосуються їхньої компетенції.

Щодо визнання оцінки відповідності центральними урядовими органами, Угода зобов'язує країн-учасниць гарантувати прийняття результатів оцінки, навіть якщо процедури самі по собі у чомусь мають відмінності, але «забезпечують установлення відповідності продукції технічним регламентам або стандартам, які застосовуються так само, як і їхні процедури». При цьому визнається можливість попередніх консультацій для досягнення взаєморозуміння за такими важливими питаннями, як технічна компетентність органів, що здійснюють оцінку; прийняття тих результатів, які отримані в країні-експортері, без додаткових вимог; ступінь упевненості в надійності результатів оцінки. Упевненість у надійності результатів оцінки залежить від адекватності та незмінності технічної компетенції органів. Дуже важливо, щоб акредитація випробувального органу проводилася на відповідність рекомендаціям керівництва міжнародних організацій зі стандартизації. Якщо така акредитація мала місце – це вважається основним показником адекватної технічної компетенції.

Країнам-учасницям рекомендується розширювати коло партнерів з визнання результатів оцінки відповідності. Угода рекомендує їм, за проханням інших країн-учасниць, проводити переговори з метою підписання уго-

ди про взаємне визнання результатів оцінки відповідності. Такі угоди можуть стосуватися окремих видів продукції для сприяння розвитку торгівлі ними. Стосовно міжнародних і регіональних систем оцінки відповідності, головні рекомендації Угоди такі: країни-учасниці повинні дати гарантію, що якщо їхні центральні урядові органи приймають міжнародні (регіональні) системи, то вони виключають ті їхні положення, які суперечать усьому викладеному.

У сфері інформації про технічні регламенти, стандарти і процедури оцінки відповідності Угода зобов'язує кожну країну-учасницю організувати довідкову службу. Ця служба має забезпечувати зв'язок між країнами-учасницями, відповідаючи на їхні запити і надаючи зацікавленим органам країн-учасниць документи, які стосуються технічних регламентів або стандартів (прийнятих на будь-якому рівні); будь-яких процедур оцінки відповідності, які діють або пропонуються на їхній території; членства або участі в міжнародних (регіональних) організаціях зі стандартизації або системах оцінки відповідності, дво- та багатосторонніх угодах; місця розташування довідкових служб та друкованих видань, в яких публікуються повідомлення, що стосуються предмету даної Угоди.

Будь-яка країна-учасниця зобов'язана повідомляти інші країни-учасниці про те, які угоди, пов'язані з питаннями оцінки відповідності, стандартів або технічних регламентів, вона укладає, якщо такі угоди можуть вплинути на торговельні відносини. Такі заходи необхідні для прийняття іншими органами рішень про участь в угодах для усунення можливих перешкод у розвитку торгівлі.

Так, для зближення законодавств щодо оцінки відповідності європейські країни-учасниці ЄС використовують європейські директиви, які стосуються конкретної продукції, питань оцінки відповідності та є обов'язковими для них.

Нині у світі існує понад 400 тис. відповідних нормативних документів, які умовно поділяються на дві великі групи. Перша – це норми безпеки для споживачів тієї чи іншої продукції як на виробництві, так і у побуті. Друга – охоплює норми техніко-комерційного характеру (ідеться про сумісність різних видів техніки, інформаційні норми, які характеризують вироби та матеріали, з яких вони виготовляються). У практиці ЄС відносно

першої групи діє принцип взаємного визнання норм, а стосовно другої – уніфікуються лише основні вимоги до товару, які демонструють його відповідність нормам безпеки та здоров'я людини.

Україна докладає багато зусиль для того, щоб наблизитися до цивілізованих норм і правил, закріплених системою ГАТТ/СОТ, але проблема залишається нерозв'язаною. Досвід роботи випробувальних лабораторій і органів із сертифікації виявляє випадки, коли продукція, яка має сертифікати, видані за межами України, не підтверджує свою відповідність вимогам стандартів, що діють в Україні й гармонізовані з міжнародними, у першу чергу, за показниками безпеки. Результати свідчать, що фактично бракуєть-ся від 10 до 15% імпоротної продукції, яка проходить сертифікацію, а щодо імпоротної харчової продукції відсоток ще вищий.

На сьогодні юридичної відповідальності імпортера за безпеку продукції, що ввозиться і вводиться в обіг на території України, ще не існує. Водночас у більшості розвинених країн світу це передбачено законодавством.

Діяльність Держстандарту в галузі сертифікації сприяє забезпеченню рівноправності України в міжнародній торгівлі, усуненню технічних бар'єрів на шляху експорту українських товарів, підвищенню їх конкурентоспроможності. Інші країни вкрай неохоче пускають на свій ринок іноземну продукцію, та й умови імпорту в них дуже жорсткі. Наприклад, у Великій Британії імпортером можна стати, лише зареєструвавши фірму як юридичну особу і поклавши в банк значну суму грошей як гарантію відшкодування можливих збитків, що їх раптом завдала б імпортована заявником продукція. Сертифікація як нетарифний регулятор ринку є інструментом для реалізації торговельної політики. Тому зрозумілим є намагання Держстандарту України розвивати національну систему сертифікації у такий спосіб, щоб забезпечити рівноправність українських підприємств у міжнародній торгівлі.

3.3. Правові основи сертифікації та підтвердження відповідності в Україні

3.3.1. Законодавча база сертифікації та підтвердження відповідності

Сертифікація як інструмент контролю якості та безпеки продукції та послуг стала використовуватися в нашій країні у вісімдесятих роках, коли Україна ще входила до складу СРСР. У ці роки формувалася необхідна структура для проведення випробувань та сертифікації продукції, створювалася правова база цієї діяльності.

Головним завданням запровадження сертифікації було вдосконалення діючих в країні методів підвищення якості продукції, що випускається та розвиток експортних можливостей продукції машинобудування.

Усі законодавчі акти колишнього СРСР були використані для створення законодавчої бази сертифікації в Україні. З часом практика застосування цієї бази в ринкових умовах виявила її значні недоліки і призвела до необхідності прийняття нових законів, декретів тощо.

Докорінне реформування і становлення вітчизняної економіки, розвиток ринкових відносин за умов соціально-економічної кризи спричинили необхідність створення нових механізмів державного та ринкового регулювання виробництва в Україні. В цих умовах принципово змінилася роль сертифікації продукції, процесів та послуг як засобу нетарифного регулювання та її соціально-правові засади. Нині питання сертифікації продукції регулюються понад 500 законами, декретами і постановами Кабінету Міністрів України, указами Президента України та іншими нормативними актами.

В цей час законодавчу базу національної системи сертифікації складають:

1. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» від 01.12.2005 р. № 3164-IV. Цей Закон визначає правові та організаційні засади розроблення та застосування національних стандартів, технічних регламентів та процедур оцінки відповідності, а також основоположні принципи державної політики у сфері стандартизації, технічного регулювання та оцінки відповідності.

2. Закон України «Про підтвердження відповідності» від 17.05.2001 р. № 2406-III. Цей закон визначає правові та організаційні основи підтвердження відповідності продукції, систем управління якістю, сис-

тем управління довкіллям, персоналу та спрямований на забезпечення єдиної державної технічної політики у сфері підтвердження відповідності.

3. Закон України «Про захист прав споживачів» від 01.12.2005 р. 3161-IV. Цей закон регламентує правила і норми виготовлення продукції відповідно до вимог споживачів і контроль якості, регулює відносини між споживачами продукції та виробниками, виконавцями, продавцями в умовах різних форм власності, визначає права і механізм реалізації їхнього державного захисту. Закон встановлює права для споживачів – громадян України, на задоволення своїх потреб після придбання товарів або послуг.

4. Закон України «Про стандартизацію» від 17.05.2001 р. № 2408 - III. Цей закон регулює відносини, пов'язані з діяльністю у сфері стандартизації та застосуванням її результатів, і поширюється на суб'єкти господарювання незалежно від форми власності та видів діяльності, органи державної влади, а також на відповідні громадські організації. Законом вводиться основний принцип міжнародної стандартизації – добровільність застосування стандартів. Це відкриває широкий простір для впровадження інновацій, оновлення засобів виробництва та асортименту продукції.

5. Закон України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності» від 17.05.2001 р. № 2407-III. Цей закон визначає правові, організаційні та економічні основи акредитації органів з оцінки відповідності в Україні. Завдання Закону полягає у приведенні української системи акредитації у відповідність з міжнародними та європейськими правилами і процедурами в сфері оцінки відповідності. Він інституційно розмежовує функції сертифікації та акредитації.

6. Закон України від 2 грудня 2010 року № 2736-VI «Про загальну безпеку нехарчової продукції». Цей Закон встановлює правові та організаційні принципи введення в обіг в Україні нехарчової продукції та забезпечення її безпеки.

7. Закон України від 2 грудня 2010 року № 2735-VI «Про державний ринковий нагляд та контроль нехарчової продукції». Цей Закон встановлює правові та організаційні засади здійснення державного ринкового нагляду та контролю нехарчової продукції.

8. Декрет Кабінету Міністрів України від 10.05.93 р. № 46-93 «Про стандартизацію і сертифікацію» встановлює загальнодержавні вимоги до

призначення, застосування і дотримання стандартів і нормативних документів, на відповідність яким проводиться сертифікація. Підтвердження відповідності згідно з вимогами цього Декрету здійснюється до введення в дію відповідного технічного регламенту з підтвердження відповідності. Він також встановлює порядок сертифікації продукції, що ввозиться і реалізується на території України продукції.

9. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.11.2001 р. № 1599 «Про затвердження опису та правил застосування національного знака відповідності» визначає порядок застосування національного знака відповідності. Знак відповідності, згідно з Постановою, наноситься тільки на ті види продукції, опис яких міститься в технічних регламентах з підтвердження відповідності.

10. Постанова КМУ від 28.03.2002 р. № 376 «Про затвердження Порядку надання органам із сертифікації повноважень на проведення робіт з підтвердження відповідності в законодавчо регульованій сфері» визначає порядок надання органам із сертифікації повноважень на проведення робіт з підтвердження відповідності продукції, систем управління якістю, систем управління довкіллям, персоналу конкретним технічним регламентам з підтвердження відповідності.

3.3.2. Нормативна база сертифікації та підтвердження відповідності в Україні

Організаційна структура та діяльність з сертифікації в Україні регламентується такою нормативною базою:

- ДСТУ 2462-94. Система сертифікації УкрСЕПРО. Терміни та визначення;
- ДСТУ 3410-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення;
- ДСТУ 3411:2004. Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до органів з сертифікації продукції та порядок їх призначення та уповноваження на діяльність в Системі;
- ДСТУ 3412-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій;

- ДСТУ 3413-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції;
- ДСТУ 3414-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок виконання;
- ДСТУ 3415-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Реєстру Системи;
- ДСТУ 3417-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Процедура визнання результатів сертифікації продукції, що імпортується;
- ДСТУ 3418-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до аудиторів та порядок їх атестації;
- ДСТУ 3419-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Сертифікація систем якості. Порядок проведення;
- ДСТУ 3420-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до органів з сертифікації систем якості;
- ДСТУ 3498-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Бланки документів. Форма та опис;
- ДСТУ 3957-2000. Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок обстеження виробництва під час проведення сертифікації продукції.

3.4. Національна Система Сертифікації України УкрСЕПРО

Сертифікацію системи якості проводять з метою забезпечення певності органу з сертифікації продукції в тому, що продукція, яка випускається підприємством, відповідає обов'язковим вимогам нормативних документів, всі технічні, адміністративні і людські чинники, що впливають на якість продукції, знаходяться під контролем, продукція незадовільної якості своєчасно виявляється, а підприємство вживає заходів по запобіганню виготовлення такої продукції на постійній основі.

Сертифікація системи якості проводиться у відповідності з ДСТУ 3419-96, КНД 50-033-94 органами, що акредитовані в Системі на право проведення цих робіт, та виконується за ініціативою заявника або за рішенням органу з сертифікації продукції. Результати сертифікації системи якості оформляються сертифікатом на систему якості, який направляється заявнику та в копії – органу з сертифікації продукції.

Дії, які належить робити покупцю стосовно постачальника, що має сертифіковану систему якості:

- визначити свої вимоги до продукції, яку він хоче придбати;
- переконатись у стабільності і можливостях постачальника, щоб мати гарантію безперервності виробництва продукції за визначеними вимогами на період дії контракту;
- узгодити з постачальником план забезпечення якості (при потребі);
- організувати контроль за випробуванням і перевірку продукції, щоб забезпечити відповідність щодо визначених вимог (при потребі);
- проводити будь-які додаткові дослідження чи оцінювання, які можуть бути необхідними, щоб досягти відповідності його вимог;
- інформувати постачальника і орган з сертифікації систем якості про будь-які проблеми, якщо такі виникнуть.

Під час дії контракту система якості постачальника знаходиться під наглядом (перевіркою) самого покупця або його агента (третя сторона) стосовно її відповідності конкретним вимогам, які узгоджені між покупцем і постачальником.

На завершення варто відзначити, що підприємства і уряди тепер витрачають значні кошти, які б допомогли забезпечити відповідність стандартам з якості обов'язкової як для комерційних, так і для державних постачальників. Для галузі промисловості країн, які не входять в світове економічне співтовариство, сертифікація систем якості сприймається як паспорт, необхідний до входу до нього. Навіть великі компанії Японії та США з добре розвинутими програмами управління якістю домагаються сертифікації на відповідність стандартам ISO серії 9000, щоб здобути довіру в усьому світі.

3.4.1. Завдання і структура УкрСЕПРО

Українська система сертифікації УкрСЕПРО – державна система сертифікації продукції в Україні (далі Система), яка призначена для проведення обов'язкової та добровільної сертифікації продукції (процесів, послуг).

Основні принципи, структура та правила УкрСЕПРО регламентовані в ДСТУ 3410.

У Системі здійснюються такі види діяльності:

- сертифікація продукції (процесів, послуг);

- сертифікація систем управління якістю;
- сертифікація екологічного управління (систем управління навколишнім середовищем);
- сертифікація систем управління безпечністю харчових продуктів;
- атестація виробництв;
- атестація аудиторів із сертифікації.

Відповідно до Декрету Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію» обов'язкова сертифікація проводиться тільки в рамках державної системи сертифікації продукції.

Загальне керівництво УкрСЕПРО, організація і координація робіт із сертифікації здійснюються Національним органом України по сертифікації – спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у сфері підтвердження відповідності. Її функції виконує Державна служба технічного регулювання України – Держстандарт України.

Згідно з Указом Президента України від 06.04.2011 № 370 «Питання оптимізації системи центральних органів виконавчої влади» Державну службу технічного регулювання України ліквідовано, її функції (крім функцій з реалізації державної політики з питань державного контролю у сфері захисту прав споживачів) покладено на Міністерство економічного розвитку і торгівлі України та Державну ветеринарну та фітосанітарну службу України.

Відповідно до частини сьомої статті п'ять Закону України «Про центральні органи виконавчої влади» міністерства, інші центральні органи виконавчої влади, щодо яких набрав чинності акт Президента України про їх припинення, продовжують здійснювати повноваження та функції у визначених сферах компетенції до завершення здійснення заходів з утворення міністерства, іншого центрального органу виконавчої влади, до якого переходять повноваження та функції міністерства, іншого центрального органу виконавчої влади, що припиняється, та можливості забезпечення здійснення ним цих функцій і повноважень, про що видається відповідний акт Кабінету Міністрів України.

Система УкрСЕПРО організована з урахуванням вимог міжнародної практики і взаємодіє на основі угод з міжнародними, регіональними та національними організаціями інших держав. Аналогічно на основі угоди Система взаємодіє з системами перевірки безпеки, охорони навколишнього се-

редовища та іншими, що функціонують в Україні під керівництвом уповноважених урядом органів.

Обов'язкова сертифікація проводиться на відповідність вимогам нормативних документів, визначених законодавчими актами України та/або нормативних документів, включених до Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні.

Добровільна сертифікація в УкрСЕПРО проводиться в порядку, визначеному договором між заявником (виробником, постачальником) та органом із сертифікації. При цьому підтверджується відповідність продукції заявленим вимогам.

УкрСЕПРО здійснює сертифікацію продукції, що імпортується, причому сертифікація такої продукції проводиться за тими ж процедурами, що і вітчизняної.

Структура УкрСЕПРО

Організаційну структуру УкрСЕПРО утворюють:

- Національний орган України з сертифікації;
- науково-технічна комісія з питань сертифікації;
- органи з сертифікації продукції;
- органи з сертифікації систем управління якістю;
- органи з сертифікації систем управління навколишнім середовищем (СУНС);
- органи з сертифікації систем управління безпечністю харчових продуктів;
- органи з сертифікації персоналу;
- випробувальні лабораторії (центри);
- науково-методичний та інформаційний центр;
- державні центри стандартизації, метрології та сертифікації;
- аудитори з сертифікації.

Організаційна структура УкрСЕПРО зображена на рис. 3.1.

Розглянемо найбільш важливі завдання кожного з органів системи.

Державна служба технічного регулювання України виконує такі функції:

- розробляє стратегію розвитку сертифікації в Україні, організовує, координує і проводить роботи із забезпечення функціонування УкрСЕПРО;
- взаємодіє з національними органами інших держав та міжнародними організаціями з сертифікації;
- організовує розробку та удосконалення організаційно-методичних документів УкрСЕПРО;
- приймає рішення щодо приєднання до міжнародних систем та угод з сертифікації;
- встановлює основні принципи, правила та структуру Системи, а також знак відповідності та правила його застосування;
- визначає порядок призначення органів з сертифікації, призначає їх для виконання робіт в УкрСЕПРО і здійснює інспекційний контроль за їх діяльністю;
- встановлює правові та економічні засади функціонування УкрСЕПРО;
- формує та затверджує склад науково-технічної комісії;
- атестує аудиторів з сертифікації;
- веде Реєстр УкрСЕПРО;
- затверджує перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації;
- організує інформаційне забезпечення діяльності з сертифікації в УкрСЕПРО.

Науково-технічна комісія з питань сертифікації – організовує і затверджує Національний орган з сертифікації для розгляду перспективних напрямків розвитку і розробки пропозицій з проблем сертифікації.

Органи з сертифікації продукції призначає Національний орган України по сертифікації і вони виконують такі основні функції:

- здійснюють сертифікацію закріпленої за ними номенклатури продукції відповідно до правил УкрСЕПРО;
- розробляють організаційно-методичні документи з сертифікації;
- організовують і проводять обстеження, атестацію виробництв і оцінку систем управління якістю;
- визначають випробувальні лабораторії (центри) для проведення випробувань продукції з метою сертифікації та затверджують форму протоколу випробувань;

- здійснюють технічний нагляд за сертифікованою продукцією та атестованими виробництвами;
- видають сертифікати відповідності на продукцію та атестати виробництв.

Вимоги до органів з сертифікації продукції встановлені в ДСТУ 3411.

Органи з сертифікації систем управління якістю, систем управління навколишнім середовищем, систем управління безпечністю харчових продуктів призначаються Національним органом України по сертифікації і здійснюють такі основні функції:

- організовують і проводять сертифікацію систем управління;
- здійснюють технічний нагляд за сертифікованими системами;
- видають сертифікати на системи управління.

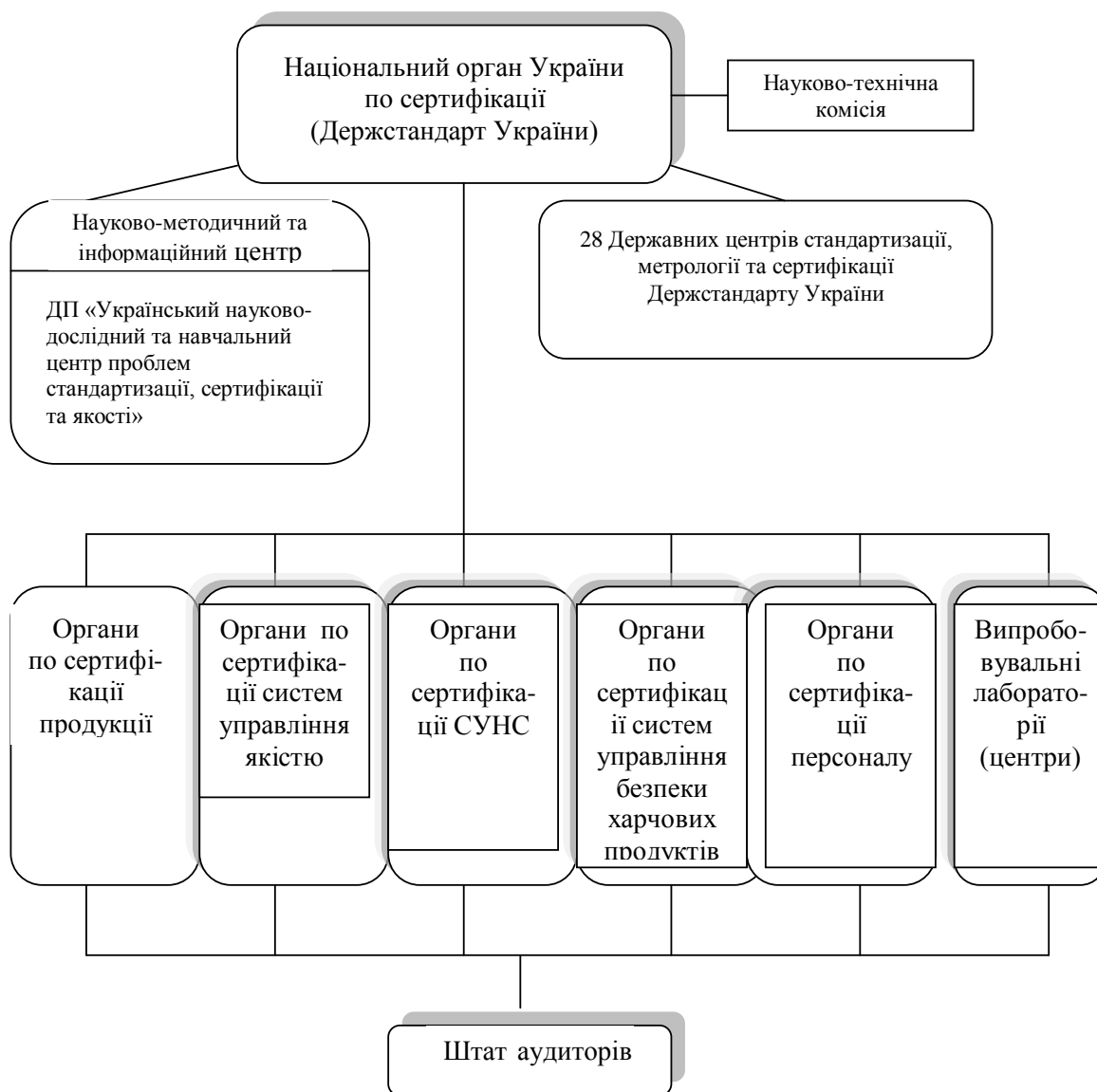


Рисунок 3.1 – Організаційно-структурна схема системи сертифікації
УкрСЕПРО

Вимоги до органів з сертифікації систем управління встановлені ДСТУ 3420.

Випробувальні лабораторії (центри), яким доручають проведення сертифікаційних випробувань, виконують такі основні функції:

- за дорученням органу з сертифікації проводять випробування продукції, що сертифікується і видають протоколи випробувань;
- беруть участь за пропозицією органу з сертифікації в проведенні технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції, а за доручен-

ням Національного органу України з сертифікації – у проведенні інспекційного контролю.

Вимоги до випробувальних лабораторій (центрам) встановлені ДСТУ 3412.

ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» є науково-методичним та інформаційним центром в УкрСЕПРО. Він створений для вирішення таких основних завдань:

- проведення прикладних наукових досліджень у сфері стандартизації, сертифікації, підтвердження відповідності та управління якістю, забезпечення впровадження систем управління якістю на підприємствах;
- участь в інформаційному забезпеченні з питань стандартизації, сертифікації, підтвердження відповідності та систем управління;
- надання на договірних засадах методичних, інформаційних та консультативних послуг органам з сертифікації і випробувальних лабораторій при їхній підготовці до акредитації, а також підприємствам при їхній підготовці до сертифікації продукції та систем управління;
- забезпечення підготовки аудиторів із сертифікації та підвищення кваліфікації фахівців у сфері стандартизації, метрології, сертифікації, підтвердження відповідності та систем управління.

Державні центри стандартизації, метрології та сертифікації виконують такі функції:

- проводять за дорученням органу з сертифікації продукції технічний нагляд за стабільністю показників сертифікованої продукції під час її виробництва;
- за дорученням Національного органу України із сертифікації беруть участь в експертизі документів і перевірках органів по сертифікації і випробувальних лабораторій (центрів);
- надають на договірних засадах інформаційну та методичну допомогу в сфері сертифікації та акредитації;
- видають заявникам свідоцтва про визнання за позитивними результатами експертизи поданих ними матеріалів з оцінки відповідності продукції, виданих закордонними органами і випробувальними лабораторіями.

3.4.2. Основні принципи і загальні правила системи сертифікації УкрСЕПРО

Сертифікація в УкрСЕПРО передбачає підтвердження третьою стороною показників (характеристик) продукції (процесів, послуг) на основі випробувань, обстеження, атестації виробництва і оцінки систем управління якістю.

Система призначена для проведення обов'язкової і добровільної сертифікації.

Сертифікація на відповідність обов'язковим вимогам нормативних документів та вимог законодавства України проводиться винятково в УкрСЕПРО.

Система є відкритою для вступу до неї органів з сертифікації та випробувальних лабораторій інших держав (за наявності двосторонніх угод про взаємне визнання результатів робіт з сертифікації) і доступу до неї будь-яких підприємств і організацій. Обов'язковою умовою при цьому є визнання і виконання правил Системи.

Право на проведення робіт з сертифікації продукції надається органам по сертифікації, випробувальним лабораторіям (центрам) і аудиторам, призначеним в УкрСЕПРО і включеним до Реєстру.

Органами з сертифікації в УкрСЕПРО можуть бути призначені організації (підприємства, установи) – юридичні особи, які є резидентами України. Призначення органів з сертифікації для виконання робіт в УкрСЕПРО здійснюється Національним органом України з сертифікації за результатами проведеної ним оцінки їхньої відповідності встановленим вимогам. Наявність атестата акредитації є перевагою під час призначення органу з сертифікації.

Якщо в УкрСЕПРО функціонує кілька органів по сертифікації однієї тієї ж продукції, то заявник має право провести сертифікацію продукції в будь-якому з цих органів.

Система встановлює такий розподіл відповідальності:

- виробник (виготовлювач, постачальник) несе відповідальність за невідповідність сертифікованої продукції вимогам нормативних документів, які використовувалися при сертифікації, і застосування сертифіката і знака відповідності з порушенням правил УкрСЕПРО;

- випробувальна лабораторія (центр) несе відповідальність за недостовірність та необ'єктивність результатів випробувань сертифікованої продукції;

- орган із сертифікації несе відповідальність за необгрунтовану і неправомірну видачу сертифікатів відповідності, атестатів виробництв та підтвердження їхньої дії, а також за порушення правил Системи.

Органи з сертифікації, випробувальні лабораторії (центри), аудитори з сертифікації, що порушують правила УкрСЕПРО, за рішенням Національного органу України з сертифікації виключаються з Реєстру УкрСЕПРО і несуть відповідальність згідно з чинним в Україні законодавством.

Визнання результатів робіт з оцінки відповідності, виконаних органами з сертифікації та випробувальними лабораторіями (центрами) інших держав, здійснюється на основі багатосторонніх і двосторонніх угод про взаємне визнання результатів робіт з сертифікації.

Підтвердженням визнання закордонних сертифікатів є свідоцтво про визнання або сертифікат відповідності, виданий в УкрСЕПРО.

Основні вимоги щодо порядку проведення сертифікації продукції встановлені ДСТУ 3413.

На сертифіковану в УкрСЕПРО продукцію видається сертифікат відповідності і за угодою між заявником і органом по сертифікації може наноситися знак відповідності.

Знак відповідності, технічні вимоги до нього, порядок і правила його застосування визначені ДСТУ 2296.

Встановлено такі зображення знаку відповідності:

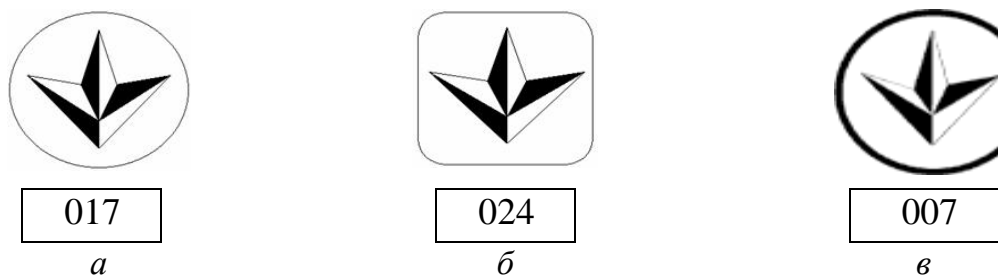


Рисунок 3.2 – Зображення знаку відповідності

Знак відповідності (рис. 3.2а) наноситься на продукцію, що відповідає обов'язковим вимогам нормативних документів, за якими встановлено обов'язкова сертифікація.

Знак відповідності (рис. 3.2б) наноситься на продукцію, яка відповідає всім вимогам нормативних документів, що поширюються на цю продукцію. Цей знак відповідності застосовується також для позначення продукції, яка не підлягає обов'язковій сертифікації, але сертифікована за ініціативою виробника, продавця (постачальника) чи споживача продукції (добровільна сертифікація).

Знак відповідності (рис. 3.2в) наноситься на продукцію, що відповідає вимогам технічних регламентів.

Під зображенням знака відповідності наводиться код органу з сертифікації, яким проведено сертифікацію продукції. Розмір знака відповідності визначає підприємство, яке отримало право на його використання, через вибір базового розміру. Виконання знака відповідності має бути однокольоровим і контрастним на основному тлі і відбувається будь-якими технологічними способами.

Вартість робіт з обов'язкової сертифікації розраховують згідно з правилами, що затверджуються Національним органом України з сертифікації.

Оплату робіт з добровільної сертифікації здійснюють на договірних засадах.

Технічний нагляд за виробництвом сертифікованої продукції в УкрСЕПРО виконують органи з сертифікації продукції або за їхнім дорученням інші організації (органи з сертифікації систем управління якістю, державні центри стандартизації, метрології та сертифікації Держстандарту).

Під час проведення технічного нагляду враховують інформацію щодо якості продукції, що надходить від органів державного нагляду, товариств споживачів та інших зацікавлених організацій.

Основою інформаційного забезпечення УкрСЕПРО є Реєстр УкрСЕПРО, який ведеться згідно з вимогами ДСТУ 3415. Реєстрацію об'єктів і суб'єктів у УкрСЕПРО здійснюють з метою систематизації їхнього обліку та надання юридичної сили документам, які їх засвідчують, а також для інформації в області сертифікації, атестації, акредитації та визнання результатів робіт.

Рішення про реєстрацію в УкрСЕПРО приймає Національний орган України з сертифікації або уповноважена ним організація, що здійснює ведення Реєстру.

Об'єктами реєстрації в УкрСЕПРО є:

- сертифікована продукція (процеси, послуги);
- сертифіковані або оцінені системи управління якістю;
- атестовані виробництва;
- призначені органи з сертифікації продукції, систем управління;
- випробувальні лабораторії (центри).

Суб'єктами реєстрації є атестовані аудитори.

Документами про реєстрацію в УкрСЕПРО є:

- сертифікати на продукцію (послуги, процеси), системи управління, аудиторів, висновків про оцінку систем управління якістю;
- атестати виробництв;
- накази про призначення органів з сертифікації;
- свідоцтва про визнання об'єктів реєстрації;
- рішення Держстандарту про проведення робіт з сертифікації.

Національний орган України з сертифікації забезпечує доступ до даних Реєстру і надає інформацію про діяльність з сертифікації через мережу Інтернет та інші інформаційні видання.

УкрСЕПРО передбачає конфіденційність інформації про результати робіт з сертифікації.

Апеляції щодо застосування сертифікатів відповідності, а також виконання правил УкрСЕПРО розглядають апеляційні комісії органів з сертифікації. У разі незгоди однієї із сторін з результатами розгляду, подальше розв'язання суперечності здійснює комісія з апеляцій, яку створює Національний орган України з сертифікації з залученням представників органів з сертифікації та інших зацікавлених сторін.

Офіційною мовою УкрСЕПРО є державна мова. У разі необхідності документи можуть супроводжуватися автентичними текстами будь-якою іншою мовою, при цьому тексти мають мати однакову силу.

3.5. Сертифікація Систем Управління Якістю

3.5.1. Порядок та процедура сертифікації СУЯ

Сертифікація – це гарантія відповідності СУЯ вимогам ДСТУ ISO 9001:2009.

Таку гарантію видає *третя сторона* – орган з сертифікації.

Першою стороною вважають підприємство, яке виготовляє продукцію.

Другою стороною – споживача або замовника.

Сертифікація не є обов'язковою вимогою, пов'язаною з впровадженням стандарту ДСТУ ISO 9001:2009, але її можуть вимагати від підприємства деякі замовники. На рішення стосовно сертифікації може також впливати діяльність конкурентів або регламентувальні чи законодавчі вимоги.

Сертифікат на систему якості – це документ, який видає підприємству орган з сертифікації систем якості та засвідчує відповідність створеної СУЯ вимогам нормативного документу, а також підтверджує спроможність підприємства забезпечувати й підтримувати якість своєї продукції на відповідному рівні.

В Україні робота з сертифікації почали проводити після виходу Постанови Кабінету Міністрів № 95 від 27.02.92 р. та Декрету Кабінету Міністрів від 10.05.93 р. «Про стандартизацію і сертифікацію» у відповідності з якими були розроблені перші нормативні документи системи сертифікації УкрСЕПРО.

Доцільність економічних і торгових зв'язків між країнами СНД сприяли тому, що 13.02.93 р. між ними була підписана угода про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації, згідно з якою особливу увагу приділяють розробці та погодженню принципів і політики проведення робіт з сертифікації в державах СНД і взаємному визнанні результатів випробувань.

Орган з сертифікації систем якості виконує такі основні функції:

- розробляє організаційно-методичні документи з сертифікації систем якості;
- організує та проводить сертифікацію систем якості;
- організує та проводить за пропозицією органу з сертифікації продукції атестацію виробництв;
- здійснює технічний нагляд за сертифікованими системами якості та атестованими виробництвами;
- видає сертифікат на системи якості.

Проведення сертифікації СУЯ поділяється на етапи:

- попередня перевірка і оцінка СУЯ;
- остаточна перевірка, оцінка і видача сертифікату відповідності СУЯ підприємства на відповідність ДСТУ ISO 9001:2009.

Кожний з вказаних етапів містить певний склад робіт.

Попередню перевірку і оцінку СУЯ здійснюють на основі аналізу даних, що містяться в вихідних документах, представлених заявником (першою стороною) в орган із сертифікації, а саме:

- декларації-заявки на проведення сертифікації;
- політики у сфері якості;
- переліку документів СУЯ;
- анкети для проведення попереднього обстеження СУЯ;
- вихідних даних для попереднього оцінювання стану виробництва.

За наслідками першого етапу орган з сертифікації складає висновок, в якому указує готовність підприємства і доцільність проведення другого етапу робіт по сертифікації СУЯ або розкриваються причини недоцільності або неможливості проведення робіт по другому етапу. При позитивному висновку при підписанні договору встановлюють терміни проведення робіт по другому етапу – остаточній перевірці і оцінці СУЯ. Якщо при проведенні робіт другого етапу органом з сертифікації виявляється невідповідність СУЯ вимогам ДСТУ ISO 9001:2009, то спільно з підприємством визначають час її доопрацювання і встановлюють орієнтовний термін повторної перевірки. При позитивному рішенні сертифікат видається на певний термін (звичайно цей термін обмежується трьома роками).

Підприємствам, які бажають вийти на міжнародний ринок торгівлі, доцільно під час вибору органу з сертифікації звернути увагу на закордонні представництва в Україні: Бюро Верітас (Франція), Російський морський реєстр судноплавства (Росія), ТиУ (Німеччина), ВБЭ (Швейцарія) тощо.

3.5.2. Порядок сертифікації систем управління якістю

Для впровадження системи управління якістю організація повинна:

- ідентифікувати процеси, необхідні для системи;
- встановити послідовність і взаємодію цих процесів;
- визначити критерії та методи забезпечення ефективної роботи та управління цими процесами;

- забезпечувати актуальність інформації, необхідної для нормального функціонування та контролювання цих процесів;

- вимірювати і аналізувати процеси і здійснювати заходи, необхідні для досягнення запланованих результатів та постійного поліпшення.

Застосування на підприємстві системи взаємодіючих процесів називають «процесним підходом».

Сертифікацію систем управління якістю проводять органи з сертифікації систем управління якістю, акредитовані на право проведення цих робіт. Порядок проведення сертифікації регламентується ДСТУ 3419.

Сертифікацію систем управління якістю проводять за ініціативою виробника продукції або за рішенням органу з сертифікації продукції, якщо це передбачено схемою (моделлю) сертифікації, або на вимогу інших незалежних організацій (відомств), яким надано державою повноваження з оцінки систем управління якістю продукції, що поставляється.

Сертифікацію системи управління якістю виробництва конкретної продукції проводять з метою підтвердження відповідності системи управління якістю вимогам ДСТУ ISO 9001:2009 та забезпечення впевненості в тому, що виробник здатний постійно випускати продукцію, що відповідає вимогам нормативних документів, продукцію незадовільної якості своєчасно виявляють, а виробник вживає заходів щодо запобігання виробництва такої продукції на постійній основі.

При проведенні сертифікації систем управління якістю необхідно забезпечувати конфіденційність інформації про результати сертифікації, що є комерційною таємницею.

Отримання виробником сертифіката на систему управління якістю не означає, що відповідальність за забезпечення якості відповідної продукції перекладається з виробника на орган, який проводив сертифікацію.

Виробник, який претендує на сертифікацію системи управління якістю в Системі, подає до функціонуючого в Системі органу із сертифікації заявку за формою, наведеною в додатку А ДСТУ 3419. У разі відсутності на момент подачі заявки відповідного органу з сертифікації, заявка подається до Національного органу України з сертифікації. За наявності декількох органів по сертифікації систем управління якістю виробництва конкретної

продукції, виробник подає заявку в будь-який з них, якщо органом з сертифікації продукції не обумовлені інші умови.

Орган з сертифікації систем управління якістю розглядає заявку і посилає підприємству-заявнику:

- опитувальну анкету для проведення попереднього обстеження системи управління якістю підприємства;
- перелік вихідних матеріалів, які має подати підприємство до органу з сертифікації для проведення попередньої (заочної) оцінки системи управління якістю і стану виробництва.

Підприємство-заявник заповнює опитувальну анкету, готує всі необхідні вихідні матеріали і подає їх до органу з сертифікації.

Процес сертифікації систем управління якістю складається з таких етапів:

- попередня (заочна) оцінка системи управління якістю;
- заключна перевірка і оцінка системи управління якістю;
- оформлення результатів перевірки;
- технічний нагляд за сертифікованою системою управління якістю протягом терміну дії сертифіката.

Попередню (заочну) оцінку системи управління якістю здійснюють з метою визначення доцільності продовження робіт з сертифікації системи управління якістю підприємства і, в разі встановлення такої доцільності, розробки програми перевірки.

Попередню оцінку здійснюють комісією органу з сертифікації шляхом проведення аналізу документів та вихідних матеріалів, отриманих від підприємства. До складу комісії повинен бути включений хоча б один аудитор, атестований в Системі.

Орган з сертифікації призначає головного аудитора, який формує комісію з компетентних фахівців для проведення аналізу отриманих матеріалів і підготовки попередніх висновків. Головного аудитора призначають навіть тоді, коли аналіз проводить одна особа. До складу комісії не включають співробітників підприємства-заявника, а також представників інших підприємств, зацікавлених в результатах сертифікації системи управління якістю підприємства-заявника. Склад комісії затверджує керівник органу з сертифікації.

Комісія здійснює аналіз всіх матеріалів, отриманих від підприємства. У разі необхідності головний аудитор може направити свого представника для неофіційного відвідування підприємства з метою проведення робіт з попередньої оцінки системи управління якістю підприємства безпосередньо на місці або запитати у підприємства додаткові відомості і матеріали, необхідні для проведення оцінки.

Паралельно з аналізом матеріалів, отриманих від підприємства-заявника, комісія організовує збір і аналіз додаткових відомостей про якість продукції, щодо якої проводяться роботи з сертифікації системи управління якістю, від незалежних джерел (дані державних центрів стандартизації, метрології та сертифікації, товариств споживачів, відомості від окремих споживачів тощо)

Попередню оцінку системи управління якістю завершують підготовкою письмового висновку про доцільність або недоцільність проведення заключної перевірки і оцінки системи управління якістю. Висновок готують у двох примірниках: один залишають в органі по сертифікації, другий передають підприємству-заявнику.

У разі позитивного рішення орган по сертифікації посилає заявнику висновок і проект господарського договору на проведення заключної перевірки і оцінки системи управління якістю. У разі негативного рішення за результатами підсумкової оцінки наводять причини такого рішення і перевіряють всі невідповідності системи управління якістю вимогам відповідних нормативних документів. Виявлені невідповідності повинні бути усунені до відвідин виробника комісією. Після врахування всіх зауважень комісії підприємство може подавати документи на повторну попередню оцінку системи управління якістю, яку воно оплачує окремо.

Заключну перевірку і оцінку системи управління якістю здійснюють комісією, що проводила попередню оцінку, або іншою комісією, до складу якої обов'язково входять експерти, що виконували попередню оцінку. До комісії обов'язково включають експерта-фахівця по розробці і технології виробництва відповідної продукції. Склад комісії затверджують керівником органу з сертифікації, з ним також знайомлять заявника.

На основі результатів аналізу матеріалів, що надійшли від підприємства-заявника на етапі попередньої оцінки, комісія розробляє програму

(план) заключної перевірки системи управління якістю (з урахуванням специфіки підприємства, продукції, що випускається, вимог споживачів та ін.), програму і методику перевірки і оцінки стану виробництва і готує необхідні робочі документи.

Програма (план) перевірки в загальному випадку повинна містити:

- мету і область перевірки;
- склад комісії з перевірки;
- дату і місце проведення перевірки;
- перелік документів, на відповідність яким здійснюють перевірку;
- перелік перевірених структурних підрозділів;
- назву елементів системи управління якістю і виробництва, які підлягають перевірці;
- розподіл обов'язків між членами комісії щодо перевірки елементів системи управління якістю і стану виробництва;
- джерела інформації про якість продукції;
- орієнтовні терміни проведення кожного з основних заходів програми;
- вимоги щодо забезпечення конфіденційності інформації, що є комерційною таємницею;
- перелік організацій та осіб, яким надають звіт про перевірку.

З програмою (планом) необхідно ознайомити керівника підприємства-заявника до початку заключної перевірки. Спірні питання щодо змісту програми в цілому або деяких її пунктів повинні бути узгоджені між головним аудитором і уповноваженим представником підприємства.

Програма та методика перевірки і оцінки стану виробництва розробляють з урахуванням положень ДСТУ 3414.

Перевірка включає такі процедури:

- проведення попередньої наради;
- проведення обстеження;
- проведення заключної наради;
- підготовка звіту про перевірку.

Попередню нараду організовують і проводять підприємство і головний аудитор. У ньому беруть участь члени комісії і персонал підприємства-

заявника, призначений для участі у проведенні перевірки. Під час попередньої наради:

- рекомендують членів комісії керівництву підприємства-заявника;
- інформують учасників наради про мету і завдання перевірки, програму, методи та процедури перевірки;
- встановлюють офіційні способи спілкування між аудиторами та персоналом підприємства;
- погоджують дату проведення заключного і проміжних нарад (у разі виникнення необхідності їхнього проведення);
- складають графік перевірки підрозділів та виробництв підприємства;
- з'ясовують всі незрозумілі питання програми перевірки.

За результатами попередньої наради складають і підписують головним аудитором протокол, а також розподіл обов'язків між аудиторами, що є додатком до протоколу.

Під час обстеження збирають необхідні дані про систему управління якістю шляхом опитувань, вивчення і здійснення спостережень на ділянках, що перевіряють. Ознаки, що вказують на можливість виникнення невідповідностей, повинні фіксуватися і окремо обстежуватися. Всі спостереження, зроблені в ході перевірки, повинні документуватися. Інформація, отримана в ході обстеження, повинна перевірятися шляхом порівняння з інформацією, отриманою з інших джерел.

Обстеження включає роботи з оцінки стану виробництва, аналізу фактичного матеріалу і підготовці попередніх висновків для заключної наради.

Оцінку здатності виробництва забезпечувати стабільний випуск продукції необхідного рівня якості, здійснюють на основі аналізу відповідної інформації про якість продукції та спостережень за станом виробництва згідно з програмою і методикою, розробленими комісією для цього підприємства або діючими на підприємстві та узгоджених з органом з сертифікації продукції або систем управління якістю.

У разі наявності на підприємстві атестованого в установленому порядку виробництва, оцінку його стану за рішенням комісії можна не проводити.

Аналіз фактичного матеріалу здійснюють з метою встановлення відповідності або невідповідності елементів системи управління якістю підприємства-заявника вимогам стандарту, а також здатності виробництва забезпечувати стабільний випуск продукції необхідного рівня якості. Аналіз проводять відповідно до програми з перевірки та оцінки системи управління якістю.

Результати спостережень повинні розглядатися головним експертом разом з уповноваженим представником виробника. Всі спостереження, за результатами яких виявлені невідповідності, повинні підтверджуватися виробником.

На основі результатів аналізу фактичного матеріалу готують попередні висновки про відповідність або невідповідність:

- системи управління якістю в цілому – вимогам нормативних документів на систему;
- виробництва – вимогам стабільного забезпечення необхідного рівня якості продукції.

Після обстеження комісія повинна провести заключну нараду з керівництвом підприємства та особами, відповідальними за об'єкти перевірки. Основна мета заключної наради – надати керівництву підприємства зауваження, складені за результатами перевірки й оцінювання, а також зробити попередні висновки щодо можливості (або неможливості) видачі сертифіката відповідності системи управління якістю підприємства вимогам нормативних документів. Зауваження пред'являють головним експертом в усній формі і викладають у протоколі в залежності від їхньої вагомості та у формі, що забезпечує підприємству розуміння результатів перевірки.

Проведення наради оформляють протоколом, який підписують усі члени комісії. З протоколом знайомиться керівництво підприємства, візує його і узгоджує з комісією термін підготовки звіту про перевірку. Один примірник протоколу зберігається в органі по сертифікації, який здійснював перевірку, інший надається підприємству. Організації, в яких зберігається протокол за результатами перевірки, повинні забезпечувати нерозголошення конфіденційної інформації, яка міститься в ньому.

Звіт про перевірку підготовляє комісія під керівництвом головного аудитора. При цьому кожний аудитор подає звіт про стан тих елементів си-

стеми управління якістю підприємства, які він перевіряв. Звіт підписують усі члени комісії. Головний аудитор затверджує звіт і несе відповідальність за його достовірність і повноту.

Звіт повинен містити:

- загальні відомості про підприємство-заявника (назву, адресу, банківські реквізити) і про орган з сертифікації (назву, адресу, банківські реквізити, реєстраційний номер атестата акредитації органа);
- відомості про експертів, про підстави для проведення перевірки, мету, завдання та масштаби перевірки;
- перелік основних документів, на відповідність яким здійснювалася перевірка;
- відомості про програму перевірки;
- результати попередньої оцінки та висновок щодо неї;
- характеристику фактичного стану об'єктів перевірки;
- зауваження щодо невідповідностей;
- висновки комісії про відповідність або невідповідність системи управління якістю вимогам нормативних документів;
- вказівки про конфіденційність інформації, використаної в звіті;
- висновок про можливість або неможливість видачі сертифіката;
- відомості про організації та осіб, яким надається звіт.

Термін підготовки звіту – протягом місяця після заключної наради.

Орган з сертифікації передає заявнику два примірники звіту. Заявник сам вирішує, кому відіслати звіт.

Оформлення результатів перевірки

У результаті перевірки і оцінки системи управління якістю можливі такі основні висновки:

- система повністю відповідає нормативним документам на системи управління якістю (варіант 1);
- система в цілому відповідає нормативним документам на системи управління якістю, але виявлені деякі незначні невідповідності стосовно окремих елементів системи, які можуть бути усунені достатньо швидко (у термін до шести місяців) (варіант 2);

- система має серйозні невідповідності, які можна усунути лише в результаті доопрацювання в протязі досить тривалого часу (Варіант 3).

У разі позитивного висновку комісії орган з сертифікації оформляє сертифікат встановленого зразка, реєструє його в Реєстрі Системи, видає підприємству-заявнику та відправляє копію до органу з сертифікації продукції. Форма сертифіката відповідності наведена у додатку Е ДСТУ 3419. Реєстрація сертифікатів відповідності здійснюється згідно з вимогами ДСТУ 3415.

Термін дії сертифіката визначає орган з сертифікації, але він не може перевищувати п'яти років.

У разі варіанта 2, якщо підприємство в термін, встановлений органом з сертифікації, усуне зауваження і звернеться з повторною заявкою на сертифікацію, робота з сертифікації може здійснюватися за повною або скороченою схемою, коли перевіряють лише ті елементи системи управління якістю, щодо яких були зроблені зауваження. У разі позитивного рішення за результатами цієї роботи виробнику видається сертифікат.

У випадку варіанту 3 оцінка системи управління якістю підприємства здійснюється повторно в обсязі всіх робіт і етапів, встановлених цим розділом за повною схемою.

Термін дії сертифіката не продовжується. Для отримання сертифіката на новий термін підприємство не пізніше, ніж за три місяці до закінчення терміну його дії надсилає до органу з сертифікації систем управління якістю заявку за формою додатка А ДСТУ 3419.

Порядок повторної перевірки і оцінки системи управління якістю визначає орган з сертифікації в кожному конкретному випадку з урахуванням результатів технічного нагляду за сертифікованою системою управління якістю.

Рішення про визнання сертифікатів, виданих органами з сертифікації інших держав (міжнародних систем) на системи управління якістю виробництва продукції, що виготовляється в Україні або імпортується в Україну, приймає орган з сертифікації систем управління якістю відповідно до вимог ДСТУ 341.

3.5.3. Технічний нагляд за сертифікованими системами управління якістю

Технічний нагляд за сертифікованими системами управління якістю підприємств протягом усього терміну дії сертифіката здійснює орган з сертифікації.

За пропозицією органу з сертифікації до технічного нагляду на основі відповідних угод повинні залучатися державні центри стандартизації, метрології та сертифікації.

Обсяг, порядок і періодичність нагляду встановлюють органи з сертифікації під час проведення сертифікації системи управління якістю.

За результатами технічного нагляду орган з сертифікації може призупинити або скасувати дію сертифіката у випадках:

- виявлення невідповідності системи управління якістю вимогам стандартів;
- наявності обґрунтованих претензій споживачів певної продукції;
- виявлення неправильного використання сертифіката;
- виявлення порушення правил або процедур, встановлених органом з сертифікації.

Рішення про тимчасове припинення дії сертифіката на систему управління якістю приймається у випадках, якщо протягом встановленого терміну застосування коригуючих заходів, узгоджених з органом з сертифікації, підприємство може усунути виявлені причини невідповідності та підтвердити це без повторного проведення технічного нагляду.

Орган з сертифікації повинен сповістити підприємство-заявника про тимчасове припинення дії сертифіката і одночасно вказати умови, за яких можлива відміна рішення про тимчасове призупинення дії сертифіката на систему управління якістю. Крім того, орган з сертифікації подає інформацію про тимчасове призупинення дії сертифіката для публікації у відповідному інформаційному виданні.

У разі виконання підприємством зазначених вище умов у встановлений термін орган з сертифікації відміняє рішення про тимчасове призупинення дії сертифіката і повідомляє про це виробника. В іншому випадку сертифікат анулюється.

Орган з сертифікації анулює сертифікат відповідності на систему управління якістю у випадках:

- якщо результати технічного нагляду свідчать про принципову невідповідність системи управління якістю чинним вимогам;
- якщо у випадку зміни правил системи сертифікації виробник не може забезпечити відповідність новим вимогам;
- якщо виробник протягом тривалого часу не постачає виробів;
- якщо виробник не виконав фінансові зобов'язання перед органом з сертифікації;
- наявності офіційного прохання виробника.

Про факт анулювання сертифіката відповідності орган з сертифікації офіційно сповіщає підприємство-заявник рекомендованим листом або аналогічним повідомленням.

3.5.4. Внесення змін до системи управління якістю та в правила і порядок оцінки систем

У разі необхідності внесення змін до системи управління якістю виготовлювач зобов'язаний:

- оперативно інформувати орган з сертифікації про всі передбачувані зміни системи управління якістю або про інші зміни, які можуть негативно вплинути на її відповідність чинним вимогам;
- погоджуватися з рішенням органу з сертифікації про необхідність переоцінки системи управління якістю у зв'язку з внесенням змін або здійснення додаткового аналізу цих змін.

Після отримання повідомлення про внесення змін до системи управління якістю орган з сертифікації повинен оперативно прийняти рішення про необхідність відповідної переоцінки системи управління якістю і довести це рішення до виробника.

У разі необхідності внесення змін до правил та порядок оцінки системи управління якістю орган з сертифікації повинен:

- сповістити зацікавлені підприємства-виробники про необхідні зміни;
- визначити реальні терміни, необхідні виробнику для внесення відповідних змін до системи управління якістю;

- офіційно сповістити всіх виробників про нові вимоги і про необхідність здійснення належних заходів для їхнього обліку і про те, що якщо ці заходи не будуть здійснені в установлений термін, дія сертифіката може бути тимчасово припинена або сертифікат буде анульовано.

Виробник не має права на використання сертифіката на систему управління якістю у випадках:

- закінчення терміну дії, призупинення або анулювання сертифіката;
- зміни виробником власної системи управління якістю, що не було прийнято органом із сертифікації і яке може негативно вплинути на відповідність системи управління якістю чинним вимогам;
- внесення органом з сертифікації певних змін до правил Системи, які виробник не зміг впровадити на своєму підприємстві;
- виникнення інших обставин, які можуть негативно вплинути на систему управління якістю виробника.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть сутність поняття «сертифікація СУЯ».
2. Які види аудитів розрізняють?
3. Назвіть мету проведення внутрішнього аудиту СУЯ.
4. Поясніть різницю між аудитами щодо адекватності та відповідності.
5. Які дії приймають під час аудиту у випадку виявлення невідповідності?
6. На якій стадії аудиту СУЯ складають звіт про аудит?
7. Назвіть позитивні сторони складання контрольних листів для аудиту.
8. Які невідповідності слід документувати, як результати отримані під час аудиту? Відповідь обґрунтуйте.
9. Чи здійснюється перевірка аудиторами результатів впровадження запропонованих під час аудиту коригувальних дій?
10. Чи достатньо для здійснення аудиту бути незалежною особою щодо діяльності підрозділу, що перевіряється? Відповідь обґрунтуйте.
11. Дайте визначення поняттю «сертифікація» і поняттям, що його су-

проводжують.

12. Охарактеризуйте поняття «система сертифікації».
13. Порівняйте сутність понять «сертифікація» та «підтвердження відповідності».
14. Охарактеризуйте необхідність проведення сертифікації.
15. Поясніть, у чому відмінність обов'язкової сертифікації від добровільної.
16. Доведіть наявність соціально-економічного ефекту від проведення сертифікації.
17. Проаналізуйте ступені розвитку сертифікації у світі, зокрема в Україні.
18. Охарактеризуйте етапи розвитку сертифікації в Україні.
19. Що таке технічні бар'єри в торгівлі та які шляхи їхнього усунення? Які міжнародні організації працюють у цьому напрямку?
20. Назвіть і охарактеризуйте основні розробки міжнародних організацій, спрямовані на усунення технічних бар'єрів у торгівлі.
21. На чому ґрунтується стратегія Держстандарту України щодо усунення технічних бар'єрів у торгівлі?
22. Коли і яким законодавчим актом в Україні введено в дію систему обов'язкової сертифікації УкрСЕПРО?
23. Які законодавчі та нормативні акти є правовою основою сертифікації в Україні?
24. Охарактеризуйте основні принципи державної політики у сфері підтвердження відповідності.
25. Чим відрізняється процедура підтвердження відповідності в законодавчо регульованій сфері від процедури підтвердження відповідності в законодавчо нерегульованій сфері?

4. АУДИТ У СФЕРІ ЯКОСТІ В УКРАЇНІ

4.1. Аудит системи управління якістю відповідно до вимог ISO 19011

4.1.1. Види аудитів СУЯ

Аудит СУЯ відповідно до стандартів ДСТУ ISO серії 9000 дуже важливий для будь-якої організації, оскільки є ключовим засобом для досягнення цілей у сфері якості.

Аудит СУЯ – це систематичний, незалежний і задокументований процес отримання доказів того, що СУЯ відповідає встановленим вимогам.

Аудит проводять як за ініціативою самого підприємства з метою оцінки діючої на підприємстві СУЯ, так і за ініціативою споживачів, зацікавлених в якості продукції і функціонуванні ефективної СУЯ. Аудит також може проводитися незалежною організацією, яка уповноважена визначати ступінь відповідності діючої на підприємстві СУЯ встановленим нормативним і законодавчим вимогам. До числа незалежних організацій входять органи з сертифікації СУЯ.

Підприємство створює продукцію, забезпечує її якість і покращує її за допомогою реалізації процесів, результативність яких підтримується шляхом постійного моніторингу і своєчасного вживання коригувальних заходів.

Об'єктами аудиту системи управління якістю можуть бути документація, виробництво продукції, процеси управління якістю, діяльність персоналу.

Отримання інформації про стан якості продукції, результативності процесів і ефективності СУЯ аудитором здійснюється шляхом опитування персоналу, аналізу документів, проведення вимірювань і спостережень за діяльністю персоналу підрозділів підприємства, яке перевіряють.

Всі отримані дані в ході аудиту потрібно документувати для подальшого аналізу. Кардинально важливо, щоб зібрана інформація була точною і ґрунтувалася на фактах, оскільки важливі рішення керівництво приймає на основі звітів про аудит. Ефективність опитування багато в чому визначається кваліфікацією аудитора і тими питаннями, які він задає.

Тому, дуже важливо, щоб аудити виконувалися спеціально підготовленим для цієї мети персоналом або найнятими професіоналами. Збір ін-

формації і об'єктивних доказів відповідності вимагає певних навиків, які можуть бути отримані тільки при теоретичному навчанні і практичному вживанні вимог стандарту ДСТУ ISO 19011.

Аудит СУЯ класифікують залежно від виду, стадії та методу аудиту. Класифікація аудитів подана на рис. 4.1.

Внутрішній аудит (першою стороною) – аудит, що здійснюється самою організацією для отримання інформації щодо функціонування СУЯ та прийняття на цій основі рішень щодо покращення.

Зовнішній аудит – здійснюється посторонніми організаціями і поділяється на аудит другою та третьою сторонами.

Аудит другою стороною – здійснюється споживачами продукції чи іншими органами за їхнім дорученням.

Аудит третьою стороною – здійснюється незалежною організацією – органом з сертифікації, з метою сертифікації СУЯ.

Аудит адекватності визначає ступінь, в якому документація СУЯ адекватна вимогам ДСТУ ISO 9001:2009.

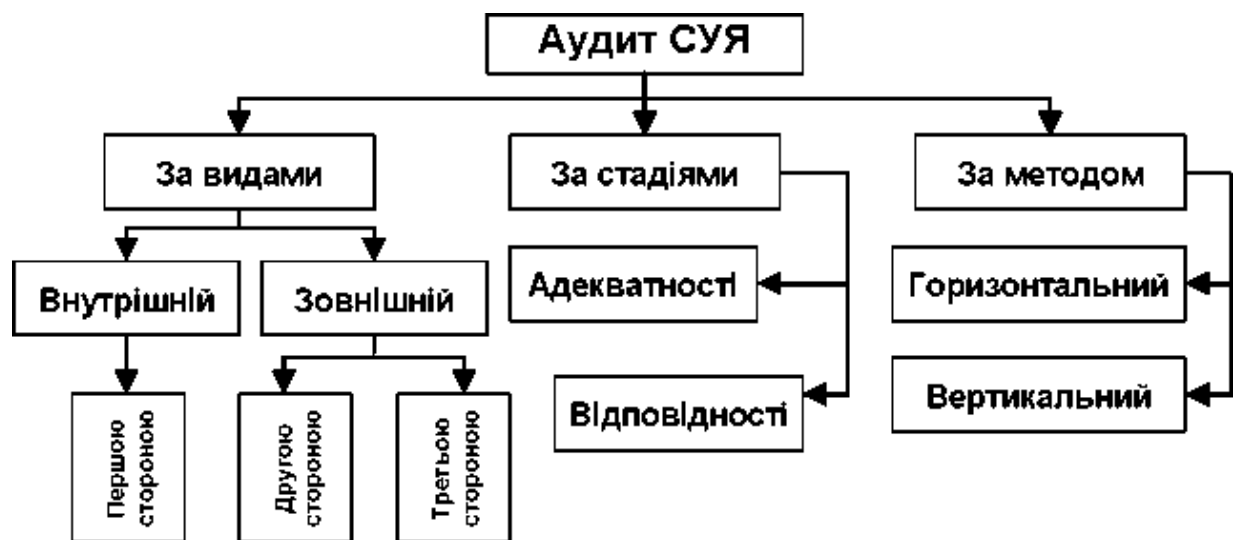


Рисунок 4.1– Класифікація аудитів СУЯ

Аудит відповідності здійснюють для виявлення ступеню відповідності роботи персоналу на місцях вимогам задокументованої СУЯ. Схематично аудити СУЯ, що поділяються за стадіями показано на рис. 4.2.

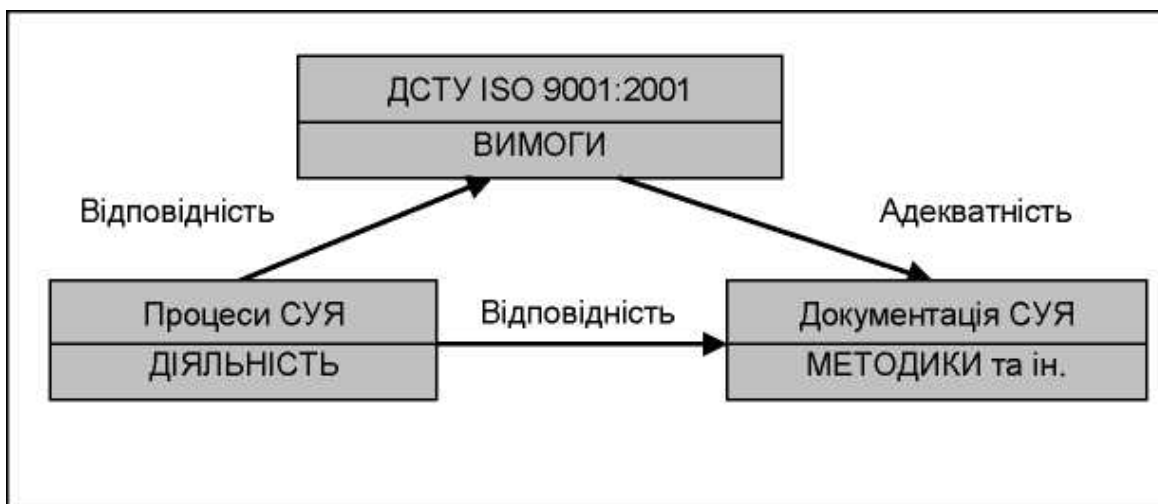


Рисунок 4.2 – Схема стадій аудиту СУЯ

Вертикальний аудит розглядає всі системи, які входять у виробництво певної продукції. При такому аудиті перевіряються всі розділи стандарту (елементи СУЯ) в одному підрозділі підприємства.

Горизонтальний аудит розглядає відповідність певній вимозі у всій організації. При такому аудиті перевіряють один розділ стандарту (елемент СУЯ) у всіх підрозділах.

Вертикальний і горизонтальний аудити представлені у вигляді табл. 4.1.

4.1.2. Цілі аудиту СУЯ

Аудити СУЯ проводять з метою:

- визначити відповідність СУЯ вимогам ДСТУ ISO 9001:2009;
- визначити, чи досягаються заплановані цілі у сфері якості;
- визначити потенціал для вдосконалення СУЯ;
- перевірити виконання законодавчих вимог;
- здійснити сертифікацію СУЯ.

Причинами проведення аудиту можуть бути:

- оцінка нового потенційного постачальника і його СУЯ;
- регулярний аналіз існуючих постачальників, щоб отримати гарантії, що їхня СУЯ продовжує результативно функціонувати, отже, покращується якість продукції;

- перевірка власної СУЯ і отримання упевненості в тому, що вона продовжує відповідати встановленим вимогам;
- істотні зміни в СУЯ;
- збільшення замовлень підприємства;
- проблеми з якістю продукції і необхідність прийняття рішень щодо поліпшення СУЯ.

Таблиця 4.1 – Приклад аудитів за методом здійснення

Підрозділи Елементи ДСТУ ISO 9001:2009	Підрозділ 1	Підрозділ 2	Підрозділ 3	Підрозділ 4	Підрозділ 5	Підрозділ 6	Підрозділ 7
4.1							
4.2	Горизонтальний аудит						
5.1				Вертикальний аудит			
5.2							
5.3							
5.4							
5.5							

Аудити можуть бути частиною затвердженої програми аудитів або можуть бути проведені позапланово внаслідок істотних змін в СУЯ, збільшення об'ємів робіт, міркувань щодо результативності СУЯ, постачальника або інших обставин, які є підставою для проведення аудиту.

Користь від проведення аудиту і його вигоди для організації полягають в такому:

- Виконується вимога ДСТУ ISO 9001:2009: однією з основних вимог ДСТУ ISO 9001 є проведення внутрішніх аудитів в організації, таким чином, за допомогою проведення аудитів виконується вимога міжнародного стандарту, що забезпечує підготовку необхідної документації і демонстрацію її під час зовнішнього аудиту.

- Керівництво впевнене, що все відбувається, як заплановано: функція керівника полягає в тому, щоб забезпечити ефективне ведення бізнесу або операцій, якими він управляє. Інформаційний зворотний зв'язок, який є ре-

зультатом ефективних аудитів системи управління якістю, дає підстави керівництву бути упевненим в системі, яку використовують, або вирішити, які потрібні вдосконалення.

- Споживач впевнений в СУЯ, отже, і в продукції, що отримує: інформація, зібрана в ході аудиту зі сторони споживача, може дати йому впевненість в здатності постачальника надати відповідну продукцію.

- Розкриваються виробничі проблеми: багато зусиль йде на розробку і документальне оформлення процедур, які застосовують для різних видів діяльності і елементів системи. Якби зусилля не були прикладені для забезпечення точності і працездатності процедур, вони постійно вимагатимуть змін. В ході як внутрішнього, так і зовнішнього аудиту системи управління якістю аудитор має нагоду знайти невідповідності в системі при виконанні процедур. При обговоренні виконання відповідних процедур з керівниками підрозділів, а також керівниками і виконавцями процесів і операцій, стають очевидними проблеми системи і способи їхнього вирішення.

Принципи проведення аудиту СУЯ

Основою проведення будь-яких аудитів є загальні основні принципи. Дотримання аудитором цих принципів є умовою того, що аудитор, працюючи незалежно один від одного в аналогічних умовах, прийдуть до загальних та об'єктивних висновків.

Згідно з ДСТУ ISO 19011 принципами аудиту є:

- Етична поведінка – основа професіоналізму. При проведенні аудиту важливими є довіра, чесність, конфіденційність і тактовність.

- Добросовісний виклад – дуже важливо правдиво і точно представляти звіт. Спостереження аудиту, висновки за наслідками аудиту і звіти по аудиту повинні правдиво і точно відображати аудиторську діяльність. Необхідно також уявляти звіт про значні труднощі, що зустрілися при аудиті і невирішених розбіжностях між аудиторською групою і організацією, що перевіряється.

- Належна професійна увага – аудитор зобов'язаний проявити належну увагу до всіх виникаючих питань і розсудливість при проведенні аудиту.

Такі принципи проведення аудиту відносяться до процесу аудиту, який згідно з визначенням є незалежним і систематичним:

- Незалежність – основа безсторонності аудиту і об'єктивності висновків за наслідками аудиту. Аудитори є незалежними від діяльності, яку перевіряють, і вільними від інтересів. Аудитори підтримують об'єктивність мислення протягом процесу аудиту, тим самим сприяючи, щоб спостереження і висновки за наслідками аудиту були засновані тільки на свідченнях аудиту.

- Підхід, що базується на доказах – раціональний метод досягнення надійних і відтворних висновків за наслідками в процесі систематичного аудиту. Будь-яке рішення аудитора повинно ухвалюватися на основі фактів і доказів, інакше результати можуть виявитися шкідливими для підприємства.

Етапи аудиту СУЯ

Проведення аудиту може перешкоджати виробничому процесу, оскільки аудитор відволікає працюючих своїми питаннями, а ввідна і заключна наради віднімають цінний час у керівництва. Тому дуже важливо управляти аудитом належним чином від початку до кінця. Дати повинні бути зручними для обох сторін і узгодженими наперед. Випадковий аудит може мати тільки негативні наслідки.

Існує ряд особливих етапів аудиту, які необхідно виконувати:

- збір інформації;
- планування і підготовка;
- ввідна нарада;
- аудит;
- заключна нарада;
- одальші дії.

Аудит може проводитися одним аудитором або групою, але завжди провідний (головний) аудитор несе всю відповідальність.

Збір інформації

Перед тим, як приступити до збору всієї необхідної інформації, що вимагається для аудиту, аудитор повинен отримати таку основну інформацію:

- причина аудиту;
- сфера аудиту.

Після того, як це встановлено, аудитор може починати збір інформації, що вимагається для забезпечення результативності аудиту.

Сфера аудиту визначає межі аудиту з обліком:

- ділянок, які потрібно перевірити;
- частин організації, які повинні бути охоплені.

Отримавши коротку інформацію від керівника програми аудитів для планування і підготовки аудиту, аудитор або керівник групи повинен встановити таку інформацію про ділянку, яку потрібно перевірити:

- види діяльності;
- складність операцій;
- розмір підрозділу/ділянки.

Все вищезгадане може бути з'ясоване до аудиту по телефону, листом, анкетною, шляхом ознайомлювального візиту або будь-яким іншим способом спілкування. Можливо поєднання декількох способів відразу.

Планування і підготовка

Після збору всієї необхідної інформації, провідний (головний) аудитор або керівник групи аудиторів несе відповідальність за підготовку до аудиту. При підготовці до аудиту повинні бути виконані такі дії:

- Визначено об'єм роботи і час, який потрібно затратити;
- Встановлено дату перевірки;
- Визначено метод аудиту;
- Підготовлено план аудиту. Якщо при аудиті планується діяльність групи аудиторів, то необхідно призначити індивідуальні завдання членам групи. Плануючи аудит, керівник групи повинен пам'ятати, що потрібно врахувати режим роботи і робочі зміни.

- Підготовлено робочі документи: контрольні листи, форми, стандарти, керівні вказівки тощо;

- Повідомлено підприємство (підрозділ), що підлягає аудиту, шляхом надання йому: плану аудиту, графіка, контрольних листів.

В ході аудиту провідний аудитор повинен провести ряд нарад для гарантії того, що аудит йде згідно з планом, а саме: ввідну нараду, робочі наради групи, заключну нараду.

Аудит

В ході аудиту керівник групи несе відповідальність за:

- забезпечення повноти проведення аудиту;
- гарантію того, що звіти про невідповідності були засновані на повноцінних об'єктивних доказах і сформульовані чітко і стисло;
- регулярність проведення нарад групи;
- планове проведення аудиту, включаючи, при необхідності, перерозподіл ресурсів.

Згідно з ДСТУ ISO 19011 дії при аудиті враховують таке:

- початок аудиту;
- проведення аналізу документації;
- підготовку до проведення аудиту на місцях;
- проведення аудиту на місцях;
- підготовку, затвердження і розсилку звіту з аудиту;
- завершення аудиту;
- проведення подальшого аудиту.

Подальші дії

Після завершення погодженого терміну аудиту або керівнику групи аудиторів слід зробити подальший візит або проаналізувати представлені задокументовані докази для того, щоб перевірити, чи були виконані коригувальні дії; переконатися, що вони результативні і залишаються такими в майбутньому; що вони були належним чином задокументовані і доведені до всіх зацікавлених сторін.

Документація аудиту СУЯ

Контрольний лист може бути одним з найкорисніших засобів для аудитора, але тільки якщо він добре підготовлений і призначений для тієї конкретної ситуації, де він використовуватиметься.

Мета контрольного листа – нагадати аудиту про інформацію, яку він повинен отримати, і про те, що фактично повинно бути перевірено. Його не можна використовувати як список питань, які задають тим, кого перевіряють, і в якому роблять відмітку після відповіді.

Докладний контрольний лист зі всіма спостереженнями, зробленими в ході аудиту, може стати дуже корисною інформацією для планування подальших аудитів в тій же самій області. Контрольні листи у жодному випадку не повинні розглядатися як суворі документи. Інше призначення контрольного листа – допомогти організувати час. Аудитор зможе стежити

за часом, витраченим на вирішені питання і отже, зможе встановити темп, щоб завершити все вчасно.

При підготовці контрольного листа аудитор може припустити, скільки часу потрібно, щоб проаналізувати різні проблеми і вказати їх в контрольних листах. Потім, в ході аудиту, потрібно відзначити фактичний час, що дозволить аудитору управляти темпом аудиту і вносити будь-які необхідні корективи. Враховуючи час, контрольний лист дозволяє досить точно планувати аудит.

Наступне призначення полягає в тому, щоб привести посилання в контрольному листі на відповідні вимоги (пункти стандарту або настанови з якості), документи управління і, можливо, необхідні записи. Приклад контрольного листа приведено на рис. 4.3.

Пункт стандарту, що перевіряють (настанови з якості, задоку- ментованої методики)	Контрольне запитання	Спостереження	Примітки, попередні висновки
4.2.3. (ДСТУ ISO 9001:2009)	Чи затверджуються документи перед їхнім впровадженням?	Виконано	

Аудитор:
(прізвище) _____ (підпис) _____ (дата)

Рисунок 4.3 – Контрольний лист аудиту

Звіт про невідповідність

Аудит СУЯ призначено для отримання об'єктивних доказів відповідності СУЯ вимогам ДСТУ ISO 9001:2009. Однак під час такої перевірки аудитором можуть бути виявлені невідповідності (рис. 4.4).

У випадку виявленої невідповідності аудитор повинен скласти звіт про невідповідність. Оскільки не існує ніяких певних правил для форми звіту про невідповідності, організації самі створюють форми, які підходили б для їхніх конкретних обставин. Звичайно форма включає такі положення:

- розгорнутий заголовок, в якому б згадувалися всі деталі аудиту;
- розпізнавальний номер;
- поле для опису аудитором невідповідності;
- поле для запису відповідальним за підрозділ, що перевіряють, результатів дослідження причин невідповідності, коригувальні дії, які повинні бути прийняті і запропонована дата їхнього впровадження;
- поле для підтвердження аудитором, що дія була виконана вчасно, і чи була вона ефективною.

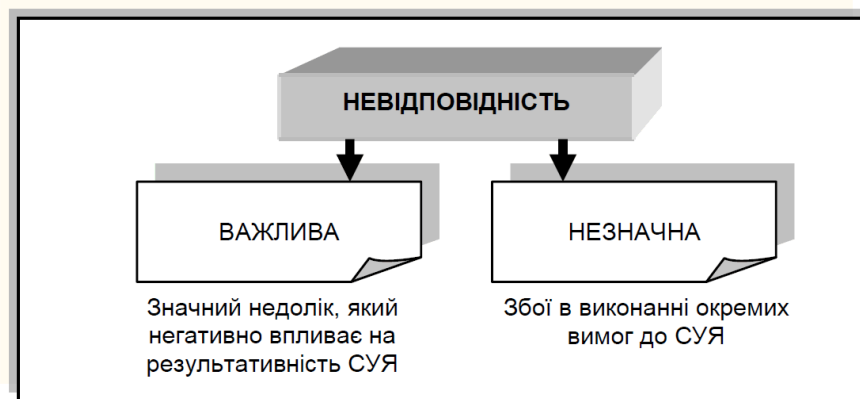


Рисунок 4.4 – Градація невідповідностей

Нижче наведено форму звіту про невідповідність, яка охоплює зазначені вимоги (рис. 4.5).

Звіт про аудит повинен містити таку інформацію:

- сферу розповсюдження і мету аудиту;
- деталі плану аудиту, ідентифікацію аудиторів і представника організації, що підлягає аудиту, дату аудиту;
- критерії аудиту (ДСТУ ISO 9001:2009, настанову з якості, контрактні вимоги, план якості тощо);
- думку групи аудиторів про відповідність системи менеджменту якості критеріям аудиту;
- знайдені невідповідності;
- здатність системи досягати запланованих цілей якості;
- список розсилки.

Окрім цього, заключний звіт може включати: повний звіт, заповнені контрольні листи, записи аудиторів, звіти про невідповідності, аналіз коригувальних дій.

Звіт про невідповідність, виявлену під час аудиту на <div style="text-align: right;">(відповідність/адекватність)</div>	
Перевірений підрозділ: _____ Керівник групи аудиторів: _____ Аудитори: _____ _____ Дата перевірки: _____	
Градація невідповідності: _____ Опис невідповідності: _____ _____ Пункт стандарту, _____ відповідно до якого виявлено невідповідність	
Причини виникнення невідповідності: _____ _____ Коригувальні дії: _____ _____ _____ Припущена дата впровадження: _____ Керівник групи аудиторів _____ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Підпис _____ Дата _____ </div>	

Рисунок 4.5 – Форма звіту про невідповідність

4.2. Загальні відомості

Будь-яка система у сфері якості є предметом постійних перевірок, які полягають у контролі, інспектуванні та аудиті її якості.

ДСТУ ISO 9000-2001 дає такі визначення цих понять:

Перевірка – підтвердження наданням об'єктивних доказів, що встановлені вимоги виконано.

Контроль якості – складова частина управління якістю, зосереджена на виконання вимог до якості.

Інспектування якості – оцінювання відповідності спостереженням і висловлюванням суджень, супроводжуваних, за потребою, вимірюваннями, випробуваннями чи калібруванням.

Аудит – систематичний, незалежний і задокументований процес отримання доказів аудиту й об'єктивного їхнього оцінювання з метою визначення ступеня виконання критерію аудиту.

Доказ аудиту – протоколи, виклади фактів чи інша інформація, що є істотними для критеріїв аудиту і уможливають їхню перевірку.

Критерії аудиту – сукупність політики, методик чи вимог, які використовують як еталон.

Дані аудиту – результати оцінювання зібраних доказів аудиту за критеріями аудиту.

Аудитор – особа, яка має компетентність для проведення аудиту.

Компетентність – доведена спроможність застосовувати знання та вміння.

Технічний експерт – особа, яка володіє спеціальними знаннями чи досвідом щодо предмету аудиту.

Програма аудиту – один чи декілька аудитів, запланованих на конкретний період часу і спрямованих на досягнення конкретної мети.

Об'єкт аудиту – організація, піддана аудиту.

У сфері якості аудит поділяється на:

- аудит систем управління (якістю чи навколишнім середовищем);
- аудит якості продукції;
- аудит якості процесів.

Аудит систем управління призначений для оцінювання відповідності системи в цілому або окремих її елементів встановленим вимогам і ефективності функціонування системи в організації.

Аудит якості продукції призначений для визначення відповідності фактичних характеристик показників її якості заданим. Він може здійсню-

ватися на різних етапах виробництва продукції. Об'єктами аудиту можуть бути як сама продукція, так і її складальні одиниці та деталі.

Як правило, аудит якості продукції проводиться у вигляді додаткових випробувань готової продукції, яка пройшла приймальні випробування і знаходиться на складі. При цьому перевіряють ті характеристики показників якості, які є важливими для споживача.

Аудит якості процесу призначений для оцінювання відповідності процесу виробництва продукції встановленим вимогам. Він проводиться для того, щоб оцінити можливості забезпечення якості при проходженні процесу, в тому числі і з метою його сертифікації.

Аудит може бути внутрішнім і зовнішнім.

До внутрішнього аудиту, який іноді називають «аудитом першою стороною», відноситься аудит, який проводять звичайно або самою організацією, або за її дорученням для внутрішніх цілей і він може служити основою для декларування відповідності.

До зовнішніх аудитів належать ті, що їх звичайно називають «аудити другою стороною» або «аудити третьою стороною».

Аудити другою стороною проводять сторонами, що мають певний інтерес до діяльності організації, наприклад, замовниками або іншими особами за їхнім дорученням.

Аудити третьою стороною проводяться зовнішніми незалежними організаціями. Ці організації здійснюють сертифікацію чи реєстрацію на відповідність вимогам чинних нормативних документів.

Якщо системи управління якістю та навколишнім середовищем перевіряють разом, це називається «комбінованим аудитом». Якщо дві чи декілька організацій здійснюють разом аудит одного об'єкту аудиту, це називається «спільним аудитом».

Нормативними документами, що до цих пір регламентували процедури аудиту систем управління якістю, були стандарти ISO серії 10000 та ДСТУ 3418-96, а аудиту систем управління навколишнім середовищем – стандарти ДСТУ ISO 14010-97, ДСТУ ISO 14011-97 та ДСТУ ISO 14012-97.

На сьогодні міжнародною організацією ISO розроблено і прийнято стандарт ISO 19011:2002, який регламентує процедури внутрішнього і зов-

нішнього аудиту систем управління якістю і систем управління навколишнім середовищем та вимоги до аудиторів.

4.3. Внутрішній аудит систем якості

Він здійснюється для задоволення внутрішніх потреб організації і спрямований на встановлення причин невідповідностей та можливостей проведення попереджувальних і коригувальних дій.

Внутрішній аудит системи якості передбачає обстеження, аналіз і оцінювання об'єктивних свідоцтв її функціонування.

Він повинен бути плановою та документованою діяльністю з добре визначеними завданнями та методами, про які сповіщено всіх зацікавлених осіб.

Причинами проведення внутрішнього аудиту системи якості є:

- поточні регулярні перевірки та нагляд;
- організаційні зміни;
- випадки виявлення дефектів продукції;
- підготовка системи якості до сертифікації.

Аудит системи якості, як правило, планує та організує служба управління якістю. Всі елементи системи якості підлягають аудиту відповідно до запланованого графіка чи плану. Періодичність аудиту системи якості залежить від стадії її реалізації.

На початковій стадії аудиту системи якості необхідно проводити часто, наприклад, один раз на квартал. Коли система вже функціонує, достатньо буде щорічного аудиту. Підрозділи, які є особливо важливими для успішного функціонування системи якості (наприклад, виробничі) можуть підлягати частішим аудиторам, ніж інші підрозділи.

План проведення аудиту системи якості включає:

- перелік об'єктів обстеження;
- вимоги до кваліфікації персоналу, що проводить аудит;
- причини проведення аудиту;
- методики подання висновків та рекомендацій за результатами аудиту.

ту.

В значній мірі ефективність аудиту системи якості залежить від кваліфікації персоналу, який його проводить. Програма проведення регулярних аудитів вимагає наявності групи аудиторів, яких необхідно ретельно підбрати за визначеними особистими якостями, такими як об'єктивність, здібність до аналітичного підходу, тактовність та добрі відносини з людьми. Персонал, який проводить аудит системи якості, повинен бути кваліфікованим та досвідченим, повинен знати нормативні документи з якості, порядок проведення аудиту і не бути зайнятими у діяльності або галузі, що перевіряється. Цей персонал може складатися із представників різних відділів, які повинні пройти підготовку на організованих курсах навчання.

Оскільки аудит якості є важливим елементом системи якості, він повинен проводитись на основі стандартних методик та інструкцій.

Доцільно використовувати стандартний контрольний перелік питань у формі опитувального листка, який є підставою під час збирання інформації та виясненні обставин щодо відповідності вимогам системи якості. Зміст контрольного переліку залежить від характеру виробу, системи виробництва, організаційної структури організації.

Процедура аудиту повинна бути викладена у настановах з його проведення. Першим кроком з виконання аудиту є створення групи з проведення аудиту і призначення керівника.

Для забезпечення об'єктивності група з проведення аудиту повинна складатися з представників тих підрозділів, що не підлягають аудиту. Склад групи та програму аудиту визначають за деякий час до його проведення. Всі зацікавлені особи, включаючи підрозділи, що підлягають аудиту, повинні бути інформовані про програму аудиту.

Для великих організацій, чи організацій, підрозділи яких розташовані на різних територіях, доцільно подавати інформацію про діяльність з забезпечення якості до початку аудиту. Така заздалегідь надана інформація скорочує час, який витрачають на збирання даних та сприяє кращому проведенню аудиту.

Аудит повинен починатися зустріччю з керівництвом дільниці, що підлягає аудиту. Під час цієї зустрічі необхідно обговорити методику проведення аудиту, сферу охоплення та необхідні адміністративно-організаційні заходи. Під час проведення аудиту представник відділу, який перевіряють,

повинен супроводжувати групу аудиторів для надання допомоги за ходом аудиту, а також для підтвердження відомостей, які одержані в результаті спостереження. Перед початком виконання дій з аудиту аудитори повинні ознайомитися з документацією відділу та проаналізувати звіти з попередніх аудитів, якщо вони проводилися. Надані раніше рекомендації вивчають, а поточну роботу оцінюють для виявлення чи були усунуті невідповідності, виявлені в результаті попередніх аудитів.

Як основу, група з проведення аудиту повинна використовувати стандартний контрольний перелік, але вона не повинна обмежуватись тільки перевіркою наведених у переліку питань. Група аудиту повинна прагнути:

- визначити, чи відповідають документовані методики та інструкції (документація) вимогам нормативних документів з якості;
- перевірити, чи реалізуються методики та інструкції;
- оцінити, чи відповідає виріб вимогам замовника до якості.

У тому випадку, коли аудитор робить висновок про наявність невідповідності в системі якості, повна інформація про невідповідність та недоліки повинна бути задокументована для здійснення коригувальних дій. Представник відділу, який перевіряють, бере в цьому участь. Підтвердження невідповідності та згода представника відділу з висновками за результатами аудиту можуть бути внесені в листок спостережень, щоб запобігти суперечностям на наступних етапах.

У звіті з аудиту повинні бути зареєстровані всі факти відповідності методикам, він також повинен містити інформацію про невідповідності. Таким чином, звіт дає збалансовану загальну картину, а не створює негативне уявлення, що буде протидіяти аудиту.

Після завершення аудиту повинна відбутися заключна зустріч з керівництвом ділянки, яку перевіряють, для аналізу зроблених висновків та їхнього роз'яснення. Повинні також обговорюватися відповідні коригувальні дії. Все це входить у звіт, який підписують як група аудиторів, так і керівництво відділу, який перевірявся.

У звіт з аудиту звичайно входить така інформація:

- назва звіту, його номер та інші ідентифікаційні дані;
- склад групи з проведення аудиту;

- допоміжна інформація, така як, наприклад, мета аудиту, сфера охоплення, дати та використана документація (методики);
- короткий опис діяльності відділів, які перевірялись;
- загальні висновки щодо ефективності програми якості, яка реалізується відділами, в яких проводився аудит;
- спеціальні висновки, зокрема висновок про наявність невідповідностей, які повинні бути описані детально поряд з рекомендованими коригувальними діями.

Якщо служба управління якістю організує внутрішні перевірки якості, то вона відповідає за контроль за виконанням рекомендацій, наданих у звіті з проведення аудиту.

При одержанні звіту від керівника групи з проведення аудиту служба забезпечення якості подає копію звіту вищому керівництву, а іншу копію подають у відділ, який перевірявся.

Дії з контролю за виконанням рекомендацій відбуваються таким чином:

- з відділу який перевірявся, надходить письмова відповідь на звіт з проведеного аудиту;
- оцінюють адекватність реакції відділу;
- перевіряють виконання коригувальних дій за графіком;
- вивчають ефективність коригувальних дій для попередження повторного виникнення невідповідностей.

Контроль за виконанням може мати форму письмового звіту, аналізу переглянутих документів та проведення повторного аудиту після вказаної у звіті дати. Особа, яка відповідає за здійснення контролю за виконанням, повинна періодично аналізувати статус невиконаних коригувальних дій та вживати заходи з невирішених питань.

Існують такі документи з аудиту систем якості, які оформляє група з проведення аудиту:

- повідомлення про аудит та план аудиту;
- чисті форми контрольних переліків для проведення аудиту;
- звіт з аудиту та супроводжувальна доповідна записка;
- відповіді відділу, який перевірявся;

- документація з контролю за виконанням коригувальних дій, вжитих за результатами аудиту.

Також можуть бути оформлені такі робочі документи:

- документи з кваліфікацій аудиторів та керівників груп з проведення аудиту;
- заповнені контрольні переліки з аудиту та робочі матеріали аудиторів;
- різна кореспонденція, яка відноситься до аудиту;
- програми щорічних аудитів;
- графіки щоквартальних аудитів;
- використовувані методики проведення аудитів.

Результати внутрішнього аудиту використовує керівництво організації для удосконалення своєї системи якості.

4.4. Зовнішній аудит системи якості

Він здійснюється для задоволення потреб організації при проведенні зовнішньої діяльності, тобто визначення ефективності та придатності різних її процесів для досягнення задач, що поставлені перед організацією у сфері якості. Аудит системи якості також забезпечує отримання об'єктивних доказів, які стосуються необхідності скорочення, усунення та, головне, запобігання невідповідностей. Результати його можуть бути використані керівництвом організації для поліпшення її діяльності.

Аудит системи якості проводять з метою:

- визначення відповідності чи невідповідності процесів системи якості встановленим вимогам;
- визначення ефективності впровадженої системи якості з погляду досягнення її завдань;
- забезпечення відповідності нормативним вимогам;
- одержання дозволу на включення систем якості організації в офіційний реєстр;
- визначення можливості поліпшення системи якості.

Аудит системи якості може проводитися на замовлення:

- організації, яка бажає перевірити власну систему якості на відповідність стандартам ДСТУ ISO 9000;
- споживача, який бажає перевірити систему якості постачальника за допомогою своїх власних аудиторів чи третьої сторони;
- незалежною організацією, яка уповноважена визначити, чи забезпечує система якості організації якість продукції чи послуг (наприклад, ліки, ядерна енергетика тощо);
- незалежною організацією, яка призначена для проведення аудиту з метою внесення системи якості організації, яку перевіряють, в офіційний реєстр.

Підставою для проведення аудиту системи якості може бути необхідність:

- початкового оцінювання постачальника згідно з його бажанням встановити контрактні відносини;
- підтвердження того, що функціонуюча система якості організації продовжує відповідати встановленим вимогам;
- підтвердження того, що при контрактних відносинах система якості постачальника продовжує відповідати встановленим вимогам;
- оцінювання відповідності власної системи якості підприємства стандарту ДСТУ ISO 9001-2001.

Аудит системи якості проводять аудитори з якості, які мають відповідну кваліфікацію.

Замовник після визначення меж аудиту організує процес аудиту, що включає:

- встановлення організації, яка буде проводити цю роботу;
- визначення напрямків діяльності в процесі аудиту;
- прийом звіту з аудиту;
- визначення коригувальних дій, які повинні бути вжиті організацією, що перевірялась, за результатами аудиту.

Керівництво організації, що підлягає аудиту, повинно:

- проінформувати відповідний персонал про мету та напрямки діяльності в процесі аудиту;
- призначити відповідальних осіб для супроводження аудиторів;

- забезпечити групу аудиторів всіма засобами, необхідними для ефективного та результативного проведення аудиту;
- забезпечити доступ аудиторам до необхідного обладнання та даних;
- співпрацювати з аудиторам;
- визначити та здійснити коригувальні дії на підставі звіту про аудит.

Проведення аудиту включає його організацію (визначення напрямків діяльності в процесі аудиту та його періодичності, попередній аналіз опису системи якості), підготовку проведення аудиту (формування плану аудиту, розподіл обов'язків між членами групи аудиторів, підготовку робочих документів, необхідних аудиторам) та здійснення аудиту (попередня нарада, збір даних, підсумкова нарада).

Виходячи з обсягу необхідної замовникові інформації, визначають напрямки діяльності в процесі аудиту, а саме: які процеси системи якості, дільниці та організаційна діяльність повинні перевірятися.

Замовник визначає стандарти чи документи, яким повинна відповідати система якості організації, яку перевіряють.

Необхідність проведення аудиту встановлює замовник. Типовими обставинами, які беруть до уваги при прийнятті рішення про періодичність аудиту, є значні зміни в управлінні, організаційній структурі, методах чи технології, або зміни в самій системі якості, а також результати попередніх аудитів.

Засадами для планування аудиту є аналіз опису методів виконання вимог системи якості, а саме Настанов з якості. Якщо цей аналіз виявить невідповідність опису системи якості організації, яку перевіряють, встановленим вимогам, то подальший аудит не проводять.

План аудиту, який складає головний аудитор, повинен містити:

- мету аудиту та напрямки діяльності в процесі аудиту;
- ідентифікацію осіб, які несуть безпосередню відповідальність з точки зору мети аудиту та напрямків діяльності в процесі аудиту;
- ідентифікацію посилованих документів (таких, як стандарти системи якості та настанови з якості організації, яку перевіряють);
- ідентифікацію аудиторів;
- вказівки щодо мови, якою буде проводитися аудит;
- ідентифікацію підрозділів організації, яку перевіряють;

- початок та тривалість проведення кожного з основних заходів аудиту;

- розклад нарад аудиторів, що проводять під час аудиту, з керівництвом організації, яку перевіряють;

- вимоги до конфіденційності;

- дату подання звіту з аудиту.

Кожен аудитор перевіряє конкретні елементи системи якості чи конкретні підрозділи.

Робочими документами, що використовують аудитори при проведенні аудиту, є:

- переліки контрольних питань, що застосовують для оцінювання елементів системи якості (готують аудитори);

- форми для реєстрації спостережень при аудиті;

- форми для документального оформлення допоміжних доказів, що підтверджують висновки аудиторів.

Робочі документи зберігають таким чином, щоб не порушувалася конфіденційність інформації.

Сам аудит починають з проведення наради, метою якої є:

- рекомендації групи аудиторів керівництву організації, яку перевіряють;

- ознайомлення з метою аудиту та напрямками діяльності в процесі аудиту;

- короткий виклад методів та процедур, які будуть використовувати при проведенні аудиту;

- встановлення офіційних каналів зв'язку між групою аудиторів та організацією, яку перевіряють;

- підтвердження наявності ресурсів та обладнання, необхідних для групи аудиторів та вищого керівництва організації, яку перевіряють;

- обговорення усіх неясних деталей плану аудиту.

Збір інформації під час аудиту проводять шляхом опитування, аналізу документів та спостереження за діяльністю на ділянках, що підлягають аудиту. Відомості, що одержані в результаті опитування, перевіряють порівнянням з відомостями на ту саму тему з інших незалежних джерел, таких як спостереження, вимірювання та зареєстровані дані.

Спостереження, виконані під час аудиту, документально оформлюють. Виявляють ті результати спостереження, які можуть вважатися як невідповідності. Невідповідності повинні бути ідентифіковані мовою конкретних вимог стандарту чи інших документів, на відповідність до яких проводився аудит. Про всі виявлені невідповідності необхідно повідомити керівництво організації, яку перевіряють.

Перед підготовкою звіту з аудиту група аудиторів повинна провести нараду з вищим керівництвом організації, яку перевіряють, та особами, відповідальними за відповідні функції, для ознайомлення їх зі спостереженнями, що зроблені під час аудиту.

На прохання організації, яку перевіряють, аудитори вносять рекомендації щодо поліпшення системи якості. Ці рекомендації є обов'язковими для організації.

Звіт з аудиту готує група аудиторів на чолі з головним аудитором, який несе відповідальність за його точність та повноту. Звіт повинен містити такі пункти:

- напрямки діяльності в процесі аудиту та його мета;
- детальний план аудиту, ідентифікація членів групи аудиторів та представників організації, яку перевіряють, дати аудиту;
- ідентифікація посилавальних документів, на відповідність до яких проводять аудит;
- спостереження невідповідностей;
- оцінювання групою аудиторів ступеня адекватності діяльності організації, яку перевіряють, стандартів на системи якості та відповідності документації;
- здатність системи якості досягти визначеної мети у сфері якості;
- розрахунок-розсилка звіту з аудиту.

Аудит закінчують поданням головним аудитором замовникові звіту з аудиту.

Копію звіту подає замовник вищому керівництву організації, яка перевірялася.

Будь-які інші адреси розсилання звіту визначають після консультацій з організацією, яка перевірялася.

Документи аудиту зберігають відповідно до угоди між замовником, органом, що проводив аудит, та організацією, що перевірялася, з урахуванням будь-яких нормативних вимог.

Організація, що перевірялася, несе відповідальність за встановлення та проведення коригувальних дій для виправлення невідповідностей чи усунення їхніх причин.

Коригувальні дії та наступні додаткові перевірки повинні бути закінчені в строки, узгоджені між замовником та організацією, яка перевірялась, при консультації з органом, що проводив аудит.

4.5. Керівні принципи аудиту згідно з ISO 19011

Міжнародний стандарт ISO 19011 містить настанови щодо процедур проведення внутрішнього і зовнішнього аудитів систем управління якістю та навколишнього середовища, а також вимоги до компетентності аудиторів і методів її оцінювання. Сфера його дії поширюється на будь-які організації, незалежно від їхнього виду та розміру. Він може бути використаний як для комбінованого аудиту, тобто спільного аудиту систем управління якістю і навколишнім середовищем, так і роздільного аудиту кожної системи окремо.

Стандарт регламентує такі положення та етапи робіт:

- основні принципи аудиту;
- підготовку до проведення аудиту;
- планування дій при аудиті;
- процедури проведення аудиту;
- звітність з аудиту;
- загальні вимоги до компетентності аудиторів;
- специфічні знання і уміння аудитора системи управління якістю;
- специфічні знання і уміння аудитора системи управління навколишнім середовищем;
- освіту, досвід роботи, професійну підготовку аудитора;
- підтримування і удосконалення знань та умінь аудитора.

Розглянемо кожне з цих положень.

Основні принципи аудиту

До них відносяться:

Етика поведінки аудитора – високий професіоналізм, чесність, конфіденційність.

Справедливе подання результатів аудиту полягає в зобов'язанні аудитора повідомляти повно і правдиво результати аудиту, а будь-які невирішені питання або протиріччя між аудитором і замовником повинні бути зареєстровані.

Належна професійна обережність означає використання розумної обережності при проведенні аудиту з урахуванням важливості задачі, яку аудитор вирішує, і її конфіденційності.

Незалежність аудиту означає неупередженість і об'єктивність заключного висновку за результатами аудиту.

Достовірність результатів аудиту означає, що, незважаючи на короткий термін його проведення і обмежені ресурси, результати аудиту повинні базуватися на доступній і перевіреній інформації.

Розроблення програми аудиту і управління нею

Програма аудиту залежить від його цілей, розміру, структури і специфічних особливостей організації, що підлягає аудиту.

Прикладами програми аудиту можуть бути:

- внутрішній аудит, що охоплює систему управління якістю чи навколишнім середовищем;
- оцінювання другою стороною потенційних можливостей постачальників.

Для програми аудиту повинні бути сформульовані цілі, які регламентують планування і проведення аудиту. Цілі можуть базуватися на:

- пріоритетах управління;
- комерційних намірах;
- вимогах системи управління;
- юридичних і договірних вимогах;
- оцінюванні постачальників;
- вимогах споживачів;
- потенційному ризику організації.

Прикладами цілей програми аудиту можуть бути:

- одержання доказів відповідності системи управління якістю чи навколишнім середовищем критеріям аудиту;
- оцінювання здатності систем управління гарантувати відповідність законам і договірним вимогам;
- оцінювання ефективності систем управління у відповідності до вказаних цілей;
- визначення можливості удосконалення систем управління якістю і навколишнім середовищем.

Критерії аудиту можуть включати процедури, стандарти, в тому числі ті, які стосуються вимог до систем управління, а також інструкції, вимоги контрактів, кодексів поведінки в бізнесі тощо.

Цілі і критерії аудиту повинні бути визначені замовником і будь-які подальші зміни до них необхідно узгоджувати з ним та відповідальним за проведення аудиту.

Зміст програми аудиту залежить від:

- цілі, тривалості і частоти кожного аудиту, які необхідно провести;
- розміру і специфіки організації;
- стандартів, юридичних і договірних вимог, політики, процедур та інших критеріїв аудиту;
- потреби в акредитації і реєстрації;
- результатів попередніх аудитів;
- культурних і соціальних проблем;
- участі зацікавлених сторін;
- суттєвих змін організаційної і функціональної діяльності організації.

В програмі аудиту повинні бути встановлені процедури, наприклад:

- планування проведення аудиту;
- вибір відповідних аудиторів;
- проведення аудиту;
- виконання подальших етапів аудиту (складання звіту тощо).

В програмі повинні бути передбачені шляхи її реалізації:

- документація, необхідна для проведення аудиту;

- координація і планування аудиту;
- встановлення і підтримання професійного навчання аудиторів;
- забезпечення формування груп аудиторів;
- забезпечення проведення аудиту згідно з його програмою;
- забезпечення складання звіту за результатами аудиту і надання його заінтересованим сторонам;
- забезпечення продовження аудиту, якщо це необхідно.

Програма аудиту періодично контролюють, результати її виконання аналізують і виявляють можливості її поліпшення.

Відповідальність за управління програмою аудиту повинна бути покладена на спеціаліста, який знає основні принципи аудиту, компетентний і вміє користуватися інструментами та методами аудиту. Він повинен:

- складати, здійснювати, підтримувати і поліпшувати програму аудиту;
- виділяти і передбачати ресурси для програми.

Підготовка до проведення аудиту

Після того, як прийняте рішення про проведення аудиту і встановлена його ціль, формують групу аудиторів, призначають її керівника з урахуванням необхідної компетенції.

Якщо для проведення аудиту достатньо одного аудитора, то він виконує всі обов'язки керівника групи.

При формуванні групи аудиторів виходять з таких міркувань:

- цілі, критерії і тривалість аудиту;
- загальна компетентність групи аудиторів повинна бути такою, щоб досягти цілей аудиту;
- необхідно знати вимоги органів з сертифікації й акредитації;
- розуміння аудиторами соціальних і культурних особливостей організації, на якій проводять аудит;
- здатність аудиторів успішно співробітничати з замовником і між собою.

Якщо відсутні аудитори, які мають необхідні знання і навички, то в групу аудиторів включають технічних експертів.

Після формування групи аудиторів здійснюють попереднє знайомство з організацією, що підлягає аудиту. Після цього група аудиторів вивчає до-

кументи систем управління якістю і навколишнім середовищем, звіти попередніх аудитів з метою визначення відповідності елементів систем управління критеріям аудиту.

Якщо виявляють, що документація є неадекватною, замовник, відповідальний за управління програмою аудиту і організація, що підлягає аудиту, повинні бути про це проінформовані.

Складання плану дій при аудиті

Якщо результати аналізу документації відповідають критеріям аудиту, то наступним етапом є складання плану дій. План аудиту повинен містити:

- цілі аудиту;
- критерії аудиту і посилання на документи;
- дати і місця проведення аудиту;
- процеси, що підлягають аудиту;
- очікувана тривалість проведення аудиту.

План проведення аудиту може також включати:

- ідентифікацію підрозділів, дій і процесів систем управління, які є суттєвими для цілей аудиту з тим, щоб впорядкувати розподіл ресурсів в критичних областях аудиту;
- мову проведення аудиту, якщо вона відрізняється від рідної мови аудитора чи організації, що підлягає аудиту;
- ідентифікацію ролей і обов'язків аудиторів і супроводжувальних осіб;
- питання, пов'язані з конфіденційністю тощо.

План повинен бути розглянутий і прийнятий замовником аудиту. Будь-які заперечення організації, що підлягає аудиту, повинні бути вирішені між керівником групи аудиторів і організацією перед початком аудиту.

План аудиту повинен бути достатньо гнучким, щоб можна було передбачити зміни, які можуть трапитись в процесі аудиту.

Процедури проведення аудиту

Після складання плану в організації проводять зустріч аудиторів з її персоналом. Метою зустрічі є ознайомлення всіх працівників організації з планом проведення аудиту.

В процесі зустрічі персонал організації ознайомлюють з:

- складом аудиторів і їхніми повноваженнями;

- інформацією про ціль аудиту і його критеріями;
- напрямками і тривалістю проведення аудиту;
- методами і процедурами проведення аудиту;
- поточною інформацією, яку організація буде одержувати в процесі аудиту;

- ресурсами і засобами, необхідними групі аудиторів тощо.

Інформація, зібрана під час аудиту, повинна бути ідентифікована і за-реєстрована. Джерела інформації можуть включати:

- інтерв'ю;
- спостереження дій і умов роботи;
- документи, в тому числі політику організації, цілі, плани, процедури, інструкції, патенти, контракти, розпорядження тощо;
- звіти, скарги споживачів, результати перевірки програм контролю тощо.

Після закінчення аудиту група аудиторів повинна провести нараду з метою:

- розглянути результати аудиту і всю інформацію, зібрану в процесі аудиту;
- досягти узгоджених висновків аудиту;
- підготувати рекомендації (якщо це визначено цілями аудиту);
- обговорити подальше продовження аудиту (якщо це потрібно);
- домовитися про роль і задачі підсумкової зустрічі з персоналом організації.

Підсумкова зустріч повинна бути проведена таким чином, щоб надані організації результати і висновки аудиту були зрозумілі та підтверджені. Щоби організація могла розробити і представити план корегувальних дій. Будь-які неузгодженості між аудиторами і організацією стосовно результатів аудиту повинні бути обговорені і, по можливості, вирішені. Якщо згоди не досягнуто, то обидві думки мають бути зафіксовані.

Звітність з аудиту

Керівник групи аудиторів відповідає за підготовку і зміст звіту з аудиту. Звіт повинен забезпечувати повноту, точність, лаконічність і якість записів аудиту та містити висновки в межах цілей аудиту:

- ступінь відповідності системи управління критеріями аудиту;

- ефективність реалізації і обслуговування систем управління;
- здатність керівництва гарантувати подальшу придатність, адекватність і ефективність систем управління.

Звіт повинен також включати або посилається на:

- ідентифікацію організаційної і функціональної структури організації або процесів;
- ідентифікацію замовника;
- ідентифікацію членів групи аудиторів;
- дату і місце проведення аудиту;
- критерії аудиту і список нормативних документів, за якими проводиться аудит;
- результати аудиту;
- узгоджені цілі аудиту, можливості і план;
- термін, охоплений аудитом;
- ідентифікацію ключових представників організації, які приймали участь в аудиті;
- хід процесу аудиту, в тому числі будь-які перешкоди, які мали місце;
- підтвердження конфіденційності характеру звіту;
- підтвердження, що цілі аудиту були виконані в межах можливостей аудиту і у відповідності з планом аудиту;
- будь-які узгоджені наступні плани дій;
- будь-які невирішені розбіжності думок між групою аудиторів і організацією, що підлягала аудиту;
- рекомендації для удосконалення, якщо це передбачено цілями аудиту;
- сфери, не охоплені, хоча знаходяться в межах властивостей аудиту.

Звіт за результатами аудиту повинен бути датований, розглянутий і схвалений як встановлено в процедурах програми аудиту, після чого розісланий одержувачам, визначеним замовником.

Звіт з аудиту є власністю замовника і конфіденційність його повинна поважатися та гарантуватися аудитором і всіма одержувачами.

Аудит вважається завершеним, якщо всі дії в плані аудиту завершені і звіт про нього схвалений.

Завершення аудиту може мати потребу в коригувальних і попереджувальних діях з удосконалення. Подальші дії в деяких випадках є частиною аудиту і організується самою організацією. Але в більшості випадків подальші дії є метою внутрішнього аудиту і розглядаються як добавлена цінність, яка використовує експертні знання аудиторів.

Загальні вимоги до компетентності аудиторів

Для гарантування якісного проведення аудиту необхідно, щоб аудитор був компетентним, тобто мав знання і уміння, необхідні для проведення аудиту. Забезпечення компетентності аудитора є лише першим кроком, який сприяє надійності процесу аудиту. Другим – є правильне формування групи аудиторів для певного виду аудиту. І, нарешті, аудитор повинен підтримувати і підвищувати свою компетентність шляхом професійного розвитку і участі в аудитах. Незалежно від того, до якої сфери діяльності відноситься аудитор (системи управління якістю чи навколишнім середовищем), загальна його компетентність стосується таких аспектів.

Процедури аудиту, механізми і методи

Аудитор повинен бути здатний:

- ефективно планувати і організовувати роботу;
- своєчасно проводити аудит;
- збирати інформацію шляхом ефективного інтерв'ю, слухань, спостережень, розгляду документів, в тому числі звітів;
- перевіряти точність зібраної інформації;
- підтверджувати достатність звіту з аудиту, його результатів і висновків;
- оцінювати ризик аудиту;
- робити записи дій аудиту в робочих документах;
- чітко, зрозуміло і лаконічно оформляти звіт з аудиту;
- дотримуватися конфіденційності одержаної інформації;
- ефективно спілкуватися особисто чи через компетентного перекладача.

Володіння цими знаннями дозволяє аудитору вибирати і використовувати ті процедури, механізми і методи, які відповідають особливостям аудиту та гарантують якісне його проведення.

Системи управління і посилання на документи (рекомендації)

Компетентність в цій сфері повинна охоплювати:

- використання систем управління стосовно різних організацій;
- взаємодію між елементами систем управління;
- стандарти систем управління та критерії аудиту;
- відмінності і пріоритетність серед документів (рекомендації);
- супроводжувальні документи попередніх аудитів;
- інформаційні системи і технології управління, контроль документів

та звітів.

Володіння цими знаннями дозволяє аудитору реалізувати цілі аудиту.

Організаційна ситуація

Компетентність аудитора повинна охоплювати:

- функції та взаємозв'язок окремих структур організації;
- процеси в організації;
- культурні та соціальні аспекти в організації;
- мову діловодства в організації.

Закони, інструкції та інші матеріали й умови роботи організації

Компетентність аудитора повинна стосуватися:

- укладання контракту й угод;
- умов праці і безпеки на робочих місцях;
- виробництва продукції і послуг;
- міжнародних угод і конвенцій;
- умов робочого середовища.

Успішне виконання робіт з аудиту залежить від особистих якостей аудитора, який повинен бути:

- уважним до альтернативних ідей або точок зору;
- дипломатичним і тактичним в поведінці з людьми;
- спостережливим стосовно середовища, в якому він діє в процесі

проведення аудиту;

- стійким в досягненні цілей аудиту;
- самостійним і незалежним в своїх діях від можливого впливу зі

сторони.

4.6. Сертифікація аудиторів

Проведення аудитів – це не тільки вимога стандартів на системи менеджменту. Ця діяльність необхідна організації для успішного функціонування, своєчасного реагування на виникаючі проблеми, поширення накопиченого позитивного досвіду по всій організації.

Керівництво організацій покладає більшу відповідальність на внутрішніх аудиторів, тому що вони є постачальниками інформації про функціонування системи менеджменту. І саме керівники компаній є особами, найбільш зацікавленими в результатах внутрішнього аудита.

Для того щоб внутрішні перевірки не були формальними заходами для виконання вимог стандартів на системи менеджменту, а дійсно приносили організації комплекс переваг, керівництво повинне створити відповідну атмосферу в компанії та демонструвати свою зацікавленість в ефективності процесу аудита. Від того, наскільки грамотні та кваліфіковані аудитори задіяні в процесі проведення аудиторських перевірок, залежить цінність тієї інформації, яка буде представлена керівництву для аналізу.

Раніше було зазначено, що кваліфікація аудитора залежить від його освіти, досвіду професійної діяльності, підготовки як аудитора та досвіду проведення аудитів. Дуже важливо, наскільки правильно аудитор поводить-ся в процесі спілкування з персоналом і наскільки високий статус аудитора в компанії.

Основою успіху є професіоналізм аудитора, який у світі прийнято підтверджувати за допомогою процесу сертифікації.

Міжнародний Регістр Сертифікованих Аудиторів (IRCA)

Міжнародний Регістр Сертифікованих Аудиторів, керований Інститутом Забезпечення Якості, найбільш відома й найбільш популярна із усіх схем, за якою сертифіковано тисячі аудиторів в усьому світі. Є й інші національні схеми, і, щоб сприяти взаємному визнанню сертифікації аудиторів, національні реєстри створили Міжнародну Асоціацію зі Сертифікації Аудиторів і Курсів Навчання (IATCA), яка ґрунтується на Міжнародному Договорі Взаємного визнання (MLA).

Цей реєстр аудиторів був заснований в 1984 році Інститутом забезпечення якості (IQA) і затверджений урядом Великобританії. Первинна мета

полягала в тому, щоб створити та підтримувати стандарти для аудиторів, використовувані акредитованими органами, залученими в діяльність зі сертифікації систем керування якістю організацій спочатку згідно зі стандартом BS 5750, а пізніше - ISO 9000. Спочатку реєстратором управляла окрема, оперативно незалежна організація, створена в рамках IQA. Вона була відома як рада по Реєстрації Аудиторів (ARB), потім – перейменували в IRCA, що краще відбиває міжнародні масштаби її діяльності.

IRCA складається із двох частин – Органа Керування Реєстрацією та Ради.

Рада ділиться на чотири напрямки:

- промисловість (або кінцеві користувачі);
- професійні й освітні установи (неурядові);
- сертифікаційні органи;
- інститут Забезпечення Якості.

Рада здійснює контроль над діяльністю IRCA.

Інша основна мета діяльності IRCA – керування та контроль діяльності організацій із навчання аудиторів систем якості й, що мають право видавати сертифікати аудиторів.

Інформацію про це можна одержати з документа «IRCA: Інформація й огляд» (IRCA/500).

IRCA у цей час використовує такі схеми сертифікації аудиторів:

- сертифікація Аудиторів Систем Керування Якістю (QMS);
- галузеві схеми, такі як Tickit, аерокосмічної промисловості, медичних обладнань тощо.
- сертифікація Аудиторів Систем Керування Навколишнім Середовищем (EMS);
- сертифікація аудиторів Систем Керування Професійною Безпекою й Охороною Праці (OHSAS).

Усі схеми включають градації тимчасового аудита, аудитора, що веде аудит, головного аудитора й внутрішнього аудитора.

Юридична чинність Сертифіката будь-якого аудитора засвідчена в самому сертифікаті й звичайно не перевищує 3-х років.

Сертифікаційні критерії

Критерії, використовувані для сертифікації аудиторів, засновані на вимогах стандарту ISO 19011 і включають п'ять основних елементів:

- освіта;
- досвід роботи (стаж);
- досвід роботи в Області якості;
- навчання аудитові;
- досвід аудитів.

Детальні вимоги зі сертифікації в якості QMS Аудитора можна знайти в документі IRCA/602.

Особам, зацікавленим в одержанні сертифіката IRCA як Аудиторів систем якості, необхідно звернутися в IRCA з будь-яких питань щодо особистих даних.

За запитом IRCA постачає зацікавленим особам весь набір документів для подачі заявки (анкету, форму для реєстрації аудиторів, інформацію про оплату, сертифікаційні критерії й іншу інформацію). Документи для подачі заявки й сертифікаційні критерії можуть також бути отримані від IRCA за електронною адресою www.IRCA.org.

Ресертифікація й безперервний професійний розвиток аудиторів

Сертифікація IRCA має силу впродовж трьох років (сертифікаційні картки видають щорічно після оплати внеску). Після закінчення цього трирічного періоду Аудитор повинен відновити свою сертифікацію. Щоб відновити сертифікацію, аудитору потрібно виконати п'ять умов:

1. Безперервний професійний розвиток (CPD)

За трирічний період, що передуює заяві про поновлення сертифікації, Аудитор повинен пройти, принаймні, 45 годин структурованого професійного навчання. Навчання повинне бути досить рівномірно розподілене впродовж цього періоду. Пояснення вимог CPD є в документі IRCA/102.

2. Досвід аудитів

Мінімальна кількість – п'ять прийнятних аудитів.

3. Декларація скарг

Аудитор повинен декларувати всі скарги щодо своєї поведінки. Поновлення сертифікації буде залежати від характеру цих скарг.

4. Кодекс поведінки

Аудитор повинен завжди діяти відповідно до Кодексу поведінки.

5. Щорічна плата

Аудитор повинен внести щорічний внесок.

IRCA звичайно повідомляє аудитору деталі процесу ресертифікації наприкінці періоду дії сертифіката.

4.7. Методи та техніка роботи аудитора

Методи збору інформації

Джерелами інформації для аудитора є:

- співробітники і їхня діяльність;
- документи, такі як плани, стандарти, процедури, інструкції, ліцензії та дозволи, специфікації, контракти та замовлення;
- записи, зведення даних, результати аналізів, показники роботи;
- технологічне та вимірювальне устаткування,
- дані із зовнішніх джерел.

Оскільки тільки перевірена інформація може стати свідченням аудита, аудитор повинен намагатися використовувати кілька джерел інформації, щоб переконатися в її вірогідності.

Існує три методи збору інформації:

- *читання й аналіз документації* по галузі, що перевіряють, щоб перевірити чи дійсно люди виконують свою роботу відповідно до процедур та інструкцій;
- *опитування* - щоб почути, як співробітники розуміють і як вони діють, щоб виконувати процедури та інструкції;
- *спостереження за діяльністю*, за тим як люди насправді виконують процедури та інструкції у своїй щоденній роботі;

Найбільш складний метод – опитування. Опитування бажано проводити на робочому місці; у робочий час у безпосередній бесіді з конкретними працівниками, відповідальними за процес, який перевіряють і працюючими на цих місцях. Як показує досвід, співрозмовник почуває себе вільніше за своїм робочим місцем, де він має потрібну інформацію. Від бесіди на

робочому місці доводиться відмовлятися в тих випадках, коли відомо заздалегідь, що під час бесіди не вдасться уникнути перешкод ззовні.

Для тих, кого перевіряють, аудитор є сторонньою людиною, яка прийшла для того, щоб оцінити діяльність їхнього підрозділу. Ситуація є досить делікатною. Завдання аудитора – завоювати довіру сторони, що перевіряють, показати своє позитивне відношення, намір допомогти підрозділу.

Вибравши співрозмовника, аудитор повинен постаратися привернути його до себе. Часто перше питання буває важким. Можна почати з жарту або компліменту. Запитання про що-небудь, що стосується цієї людини або її роботи - ці дві теми найбільш підходящі.

Завдання аудитора - одержати інформацію. Необхідно пам'ятати, що поки аудитор говорить сам, він не одержує інформацію. Ідеальним буде випадок, коли аудитор говорить 25% часу, а той, кого перевіряють - 75%.

Розрізняють бесіду вільну та формалізовану. Для вільної бесіди характерно, що аудитор не виявляє великого впливу на співрозмовника, лише зрідка задає йому напрямні питання. При формалізованій бесіді роль аудитора активніше: він задає велику кількість питань, залишаючи співрозмовникові можливість лише відповідати на них. Перевагою вільної бесіди, у порівнянні з формалізованою, є більш відверта й достовірна інформація. Але у вільної бесіди є й свої мінуси. Це, насамперед, більші витрати часу.

Існує два «важкі» типи співрозмовників: «балакучий» і «мовчазний».

У випадку якщо співрозмовник говорить дуже багато, відволікається від теми й з його мови важко одержати необхідну інформацію, аудитор може зупинити співрозмовника, але це необхідно зробити чемно та тактовно.

Може трапитися, що співрозмовник односкладово відповідає на запитання і з його слів аудитор не може одержати достатньої інформації. І в тому, і в іншому випадку аудитор повинен забезпечити одержання необхідної інформації ретельним добором питань.

Аудитор повинен уникати навідних запитань, що несуть у собі готову відповідь. Навідне запитання можна застосовувати лише для перевірки або підтвердження встановленого факту. Цієї ж мети служать закриті питання, відповіді на які припускають тільки «так» і «ні».

Треба з обережністю ставити запитання, що починаються з «чому», оскільки в них може пролунати критика або несхвалення.

І в жодному разі аудитор не повинен задавати персоніфікуючі питання – його завдання оцінка системи, а не діяльності конкретних особистостей.

У деяких випадках, наприклад, коли аудитор почуває, що співрозмовник чогось недоговорює, може виявитися корисним *мовчання* аудитора – людина, інстинктивно прагнучи заповнити паузу, може розповісти «багато цікавого».

Уміння слухати – одна з найважливіших характеристик аудитора (Термін «Аудит» походить від латинського дієслова «Слухати»).

Може не подобатися співрозмовник через його зовнішність або інші фактори. Гарний слухач забуває про речі, які йому не подобаються, і зосереджується на наданій інформації.

Поганий слухач може неправильно зрозуміти опитуваного або вирвати висловлення з контексту, і через це образитися на щось сказане співрозмовником. Він витрачає тоді час на обмірковування відплати, наприклад, у вигляді незручного питання. Гарний слухач залишається спокійним і втримується від суджень, поки не буде повного розуміння.

Поганий слухач внутрішньо відключається, коли мова йде про щось нове, спірне або важке. Гарний слухач постарається зрозуміти, про що мова або перепитає мовця.

Людина у середньому говорить зі швидкістю 120 слів у хвилину, але наші розумові здібності дозволяють розбирати слова вчетверо швидше. Поганий слухач використовує цей час для відходу в «розумовну відпустку». Гарний слухач із користю вживає цей час. Він аналізує значення сказаного та готує питання.

Гарний аудитор вчиться слухати все, що говорять, поверх того, що НЕ говорять. Він спостерігає за поведінкою людини, яку перевіряє, а також за всіма іншими звуками, явищами та діями, що відбуваються в межах його сприйняття.

У ході опитування рекомендується:

- записати імена співрозмовників;
- цілеспрямовано перевіряти ключові моменти, вести бесіду, дотримуючись аркуша-запитальника, використовуючи його як орієнтир;
- залишатися спокійним, не вступати в дискусію;

- проводити аудит енергійно, але не робити поспішних висновків;
- чітко формулювати питання, не задавати більше одного питання за один раз і чекати відповіді на одне питання, перш ніж задати наступне;
- починати питання зі слів: «ЩО», «ХТО», «ЯК», «КОЛИ», «ДЕ» та «ЧОМУ», стимулюючи співрозмовника до розгорнутих відповідей.;
- після одержання усної інформації підкріплювати її об'єктивними свідченнями, використовуючи прохання «ПОКАЖІТЬ МЕНІ...»;
- підсумувати отриману інформацію, коротко сформулювати позитивні враження й спірні моменти.

Оскільки в якості свідчень аудита може використовуватися тільки перевірена інформація, то при зручному моменті в ході бесіди, аудиторів слід попросити показати документи, що підтверджують слова співрозмовника.

Крім опитування та аналізу документації важливим методом збору інформації є *візуальне спостереження*.

Об'єктами спостереження в ході аудиту виступають персонал, документація, технологічне устаткування, обладнання для моніторингу та вимірів, стан робочих місць.

Основним засобом спостереження для аудитора є зорове сприйняття. Відомо, що завдяки зору людина переробляє більш 85% інформації, що до неї поступає. Як кажуть: «Краще один раз побачити, ніж сто раз почути».

Аудитор повинен розвинути у себе спостережливість, тобто здатність підмічати дрібні частковості, що вислизують від інших, подробиці фактів, подій і явищ. Аудитор повинен мати допитливий погляд і підмічати як явне, так і таємне. Аудитор повинен ретельно дивитися за тим, що відбувається, а не за тим, що, як він думає, повинно відбуватися.

Але, при цьому, він повинен вибрати між тим, що він безпосередньо прагне бачити, і тим, що, співрозмовник, якого перевіряють, прагне йому показати. Коли свідчення, яке просить показати аудитор, не готове, але його обіцяють показати пізніше, аудитор повинен зробити в себе позначку про це, щоб не забути перевірити до того моменту, як він остаточно покине підрозділ.

Спілкування в ході аудита

Як пояснювалося раніше, аудит по суті є заходом щодо збору інформації, коли аудитор шукає докази відповідності критеріям аудита. Цю інфо-

рмачію збирають під час взаємодії з персоналом, що підлягає аудиту, і більшу її частину отримують шляхом інтерв'ю. Документи, якими б важливи-ми вони не були завдяки інструкціям, що містяться в них, критеріям, вимо-гам і записам, які становлять докази, просто підкріплюють інформацію, отриману в ході інтерв'ю. Тому не потрібно докторського ступеня по пси-хології, щоб зрозуміти, що відносини між аудитором і підлеглим аудиту бу-дуть мати вирішальне значення для досягнення успішних його результатів.

Аудит – це свого роду діяльність із обстеження або перевірки, яка так дійс-но сприймається піддаваним аудиту. Навіть якщо нема чого боятися, піддаваний аудиту сприймає його як іспит, і тому зв'язує його з можливістю провалу. Отже, аудитор може часто сприйматися як погроза, а аудит – як конфронтуюча діяль-ність.

Процес спілкування – є одним з основних у процесі проведення аудитів СМЯ. Хоча людське спілкування – дуже складний процес, можна виділити два ос-новні елементи:

- механічна, кількісна дія по відправленню й одержанню інформації, подіб-но тому, як комірник одержує накладну, а потім відпускає необхідні товари;
- органічні, суб'єктивні, але життєво важливі аспекти розуміння, пог-лядів, емоцій і відносин.

Перший елемент пов'язаний з аспектом передачі і є символічним про-цесом, що використовує звуки, семантику, артикуляцію.

Другий – пов'язаний із соціальним процесом: це – обмін «значенням» між людським відправником і людським приймачем.

Підсумкове визначення спілкування, таким чином, складається з:

- інформації;
- ідеї;
- відносин.

Таким чином, факти й почуття нероздільно змішані.

Можна визначити, що спілкування це:

- сприйняття або інтерпретація інформації, отриманої від нашого се-редовища;
- очікування або потенційне задоволення прагнень, цінностей і потреб людини;
- залучення до певної мети або реакція та відповідь на неї.

Інформація проти розуміння

Інформація в контексті функціональних типів ділового спілкування, є процесом «передачі». Він складається з:

- повідомлень, які шукають інформацію, допомогу та послугу;
- повідомлень, які подають інформацію, напрямки і керування.

Ці повідомлення пов'язані із планами, продуктами, діями організації; вони мають справу із проблемними ситуаціями; вони шифрують політику організації, процедури й методи.

Розуміння виходить від відносин між досвідом і сприйняттям. Здатність «приймача» одержувати або почувати таке спілкування є ключем до розуміння.

У складних питаннях у гру вступає емоційний елемент відносин і почуттів, що обмежує сприйняття й може іноді формувати бар'єр для спілкування.

Спрощено, люди це - комбінація фізичних, інтелектуальних і емоційних елементів. Ефективне спілкування повинне враховувати ці три елементи будь-якого процесу людського спілкування.

Фізичні фактори, які потрібно враховувати – ті, які торкаються уваги приймача й комфорт. Вони включають фізичні спонукання, голод, спрагу, відпочинок тощо, а також включають ергономічні аспекти середовища, температуру, вентиляцію, освітлення, якість печатки тощо. Якщо терпима межа перевищена, увага падає, і створюється фізичний бар'єр.

Інтелектуальний канал відноситься до «значення» спілкування. Це виражається в потребі структури ідеї, і насамперед Спрощеної Структури Ідеї. Основним людським спонуканням є пошук значення, загальної картини, причини та порядку. Не усвідомлювати це при моделюванні спілкування означає створити інтелектуальний бар'єр до розуміння.

Бар'єри спілкування, пов'язані з емоціями, без сумніву, найбільш важливі та найбільш складні, тому що почуття та відносини варіюють по інтенсивності та комбінації. Вони можуть створювати опір або неправильне уявлення, якщо зневажають розумінням людських спонукань. Це означає, що відправник повинен знати те, що приймач очікує бачити або чути, щоб не засмучувати його. Емоційні або психологічні бар'єри дуже легко створюються та дуже важко усуваються.

Аудитори повинні знати про такі бар'єри й намагатися не тільки уникати їхнього створення, але також знаходити спосіб усувати або нейтралізувати вже існуючі.

Створення клімату для ефективного спілкування

Ми вже сказали, що аудит не повинен розглядатися як негативна діяльність із пошуку помилок. Підхід до нього повинен передбачати позитивне відношення та ставити метою досягнення позитивних результатів. Тому аудитор повинен взяти на озброєння дружнє, корисне і конструктивне відношення та перед початком аудиту повинен намагатися створити для того, кого аудитує, невимушену обстановку. Це може бути досягнуто шляхом докладного пояснення мети аудиту, і що сподіваються від нього одержати. Звичайно, важке завдання пояснити, що той, хто піддається аудиту, не знає іспиту або критики. Дійсно, результатом аудиту може бути звіт про невідповідність, який, будучи неуважно написаний, може критикувати підданого аудиту. Тому необхідно пояснити процеси аудиту, переконати, що не буде ніяких несподіванок, що спостереження аудитора будуть відразу ж повідомлені опитуваному, і усі результати будуть погоджені з урахуванням їхнього фактичного підтвердження.

Багато аудиторів зневажають такими простими питаннями, як пояснення потреби робити записи. Записи, які роблять без цього пояснення, можуть викликати протидію піддаваного аудиту, що створить серйозний бар'єр психологічного характеру (Що він пише?). Завжди пояснюйте потребу робити записи (аудитори повинні робити записи, тому що все неможливо запам'ятати), запитуйте дозвіл опитуваного робити записи й гарантуйте, що йому буде дозволено проаналізувати ваші записи. Звичайно, Ви не збираєтеся повідомляти про що-небудь, що Ви не можете повідомити опитуваному.

Аудитори повинні розуміти, що з того моменту, як вони ступили на територію організації, яку перевіряють, їхня поведінка, жести та заяви спостерігають та розшифровують. Тому аудитори повинні знати й контролювати всі повідомлення, які від них виходять. Це вимагає не тільки істотної дисципліни, але також і розуміння, принаймні, компонентів процесу спілкування. Ціль полягає в тому, щоб створити відповідний клімат для спілкування, коли й аудитор і піддаваний аудиту будуть почувати себе зручно й

невимушено, коли ніяких бар'єрів, що перешкоджають процесу спілкування, не існує. У плануванні свого аудиту завжди враховуйте додатковий час, який може знадобитися на те, щоб зламати бар'єри. Обговорюючи керівництво аудитором, ми вже підкреслювали важливість створення зв'язків з піддаваним аудиту в дусі співробітництва. В ідеалі опитувані повинні почувати, що вони й аудитори – одна група із загальною метою.

При створенні підходящого клімату для ефективного спілкування, аудитори повинні враховувати такі фактори:

- місце;
- час;
- зоровий контакт;
- мова жестів (жести, пози, вираження особи);
- немовні повідомлення;
- особливості культури.

Місце

Виберіть гарне місце, де Ви й піддаваний аудиту будете почувати себе зручно, з мінімумом фізичних перешкод. Вибір включає підготовку плану розміщення, який внесе вклад у створення духу товариства. В ідеалі, аудитор і опитуваний повинні сидіти на одній стороні стола. Засідання на протилежних сторонах стола не дуже гарна ідея. Мало того, що стіл у психологічному відношенні – цегельна стіна або барикада між аудитором і опитуваним, але буде важко разом читати документи. Для групових обговорень ідеальним є круглий стіл.

При виборі правильного місця потрібно враховувати й такі фактори: де піддаваний аудиту буде почувати себе спокійно; де в нього вільний підхід до необхідної інформації (документи, записи). З урахуванням цього, у більшості випадків власне робоче місце опитуваного буде для нього кращим.

Час

Плануючи аудит, аудитор повинен розуміти, що для забезпечення почуття зручності опитуваних повинно бути розглянуто безліч питань, що стосуються часу. Наприклад, аудит не повинен починатися негайно з початком робочого дня піддаваних аудиту. Дайте їм час, щоб розв'язати найбільш невідкладні питання дня. Це заспокоїть їхні думки.

Ніколи не з'являйтеся на аудит занадто рано до запланованого часу. Якщо Ви прибуваєте на півгодини раніше, це сприймуть як: «я прибув сюди, щоб піймати Вас на гарячому». Правильний час для приходу – лише на кілька хвилин раніше, щоб знайти дорогу до місця вступної наради.

При плануванні розкладу аудиту довідайтеся про прийнятий час для обіду, відпочинку тощо. Планування інтерв'ю занадто близько до закінчення роботи може поставити опитуваних у невідгідне положення. Ніколи не порушуйте щоденні графіки людей! Зрештою, увазі не буде сприяти те, що опитуваний буде думати про автобус або поїзд, на який він спізнюється.

Зоровий контакт

У більшості європейських країн і неєвропейських англосакських культур тривалий зоровий контакт надзвичайно корисний як ознака уважного слухання. У деяких культурах, однак, тривалий зоровий контакт може бути образливим або вважається нечемним, і не рекомендується. У багатьох країнах люди з дитинства привчені не дивитися прямо в очі. Тому такий недолік зорового контакту не повинен стати приводом для аудитора підозрювати недолік співробітництва або спробу сховати щось.

Мова жестів

Мова жестів може повідомити масу інформації та дозволяє аудиторів ставити запитання без слів. Мова жестів використовує пози, жести та вираження особи. Більшість людей використовує мову жестів підсвідомо, і тому не управляє посланими повідомленнями. Часто люди говорять одне, а їхня мова жестів указує на щось повністю протилежне. Аудитор, який розуміє цю мову, здатний розшифрувати послані з його допомогою повідомлення, і, отже, одержати додаткову або реальну інформацію. Аудитори повинні також майстерно управляти власною мовою жестів, щоб уникнути посилки небажаних повідомлень, які можуть перешкоджати спілкуванню.

Є багато сигналів у межах мови жестів, які однаково зрозумілі для всіх культур. Посмішка та пряма постань, як приклади таких повідомлень, указують на відкритість і чесність. Усі звичайно знають, що кандидати деяких професій спеціально навчені, як користуватися постанню; це політичні й релігійні діячі, викладачі, інструктори тощо. Однак аудитори повинні знати, що в межах різних культур деякі жести інтерпретуються зовсім інакше, і тому потрібна обережність. Простий уклін, який у більшості країн означає ТАК, у Болгарії, означає НІ, і навпаки. Жест,

що означає в англосакській культурі ДОБРЕ, у Тунісі означає «я Вас уб'ю», а в Японії означає «гроші». Стежте за можливими непорозуміннями.

Немовні повідомлення

Немовні повідомлення – загальний термін, що описує супутні умови при використанні слів. Вони включають діалект, швидкість, гучність, м'якість, кашель, інтонацію тощо, які можуть бути розцінені як недолік, але можуть також передавати важливу інформацію (наприклад, довіра або її недолік).

Особливості культури

Аудитори можуть проводити аудити в різних країнах або в організаціях, які наймають людей, що належать до різних культур. Тому аудитори повинні знати особливості культури й ретельно вивчати особливі проблеми, які можуть вплинути на здатність створити зв'язок з піддаваними аудиту. Можливі підводні камені, типу:

- Що таке особистий простір людини? Особистий простір означає прийнятну фізичну відстань між людьми, яка залежить від культури. У північній Європі особистий простір між людьми незалежно від полу має тенденцію бути досить більшим. У південній Європі та на Близькому Сході особистий простір між чоловіками та жінками дуже великий, а особистий простір між чоловіками ледь існує.

- Рукоштовпання. Чи повинні Ви обмінятися рукоштовпанням з кожним, жінками й чоловіками? Візьмемо проблему різних каст в Індії. Рукоштовпання, настільки популярне в Європі, не завжди прийняте в інших країнах.

- Остерігайтеся образливих жестів. Що нормально для вашої культури, може бути образливо для інших. У США кладуть ноги на стіл, і це так чи інакше прийнятне, те ж саме в Європі буде виглядати як мінімум невихованістю, а на Близькому Сході показати підошви взуття кому-небудь – серйозна образа.

- Інший приклад. Ви лівша й передаєте їжу кому-небудь лівою рукою. Це нормально в більшості Європейських культур, але неприпустимо на Близькому Сході, Індії й у деяких інших місцях.

Ми можемо приводити ще приклади, але навіть товста книга із цього предмету не буде вичерпною. Аудитори повинні знати особливості культур і не повинні зневажати вивченням цих важливих питань.

Спілкування повинне виконувати свою функцію Його мета – створити розуміння та визначити дії в обраному напрямку.

Оскільки функція повідомлення полягає в одержанні відповіді і наступній дії, то – «ціль – це повідомлення». Тому можна виділити кроки по

- формулюванню ефективного спілкування:
 - виберіть і розробіть мету (що є метою?);
 - проаналізуйте аудиторію (врахуйте приймача);
 - організуйте та структуруйте ідею (послідовна логіка концепції),
 - виберіть середовище передачі (процес передачі);
 - складіть відповідь (досягнення мети).

При спілкуванні з персоналом у ході проведенні перевірки, аудитор також повинен уміти аналізувати «мову тіла» співрозмовника. Рухи тіла, вчинені при розмові, можуть дати додаткову інформацію підготовленому аудиторіві. Потрібно звертати увагу на такі сигнали:

Сигнали рук і голови

Співрозмовник потирає очі, чухує шию, тримає руку перед ротом або біля носа.

Це може вказувати на те, що співрозмовник не певен у тому, що говорить.

Сигнали тіла:

Скручування рук.

Це одна з реакцій організму на стресову ситуацію. Показує напругу й, можливо, труднощі у вираженні думки або сприйнятті інформації.

Постійна зміна пози, поправлення одягу.

Показує на те, що мова йде про чутливі питання. Можливо, він відчуває невпевненість, не повністю розуміє мету бесіди.

Схрещування рук.

Сигнал бар'єру. Часто застосовується, щоб почувати себе більш комфортно в ситуаціях невпевненості або незахищеності. Звичайно застосовується на початку бесіди. Якщо під час бесіди співрозмовник вибирає цю позу, це показує, що Ви торкаєтесь області, про яку він не прагнув би говорити.

Схрещені руки й стислі кулаки.

Посилений сигнал бар'єру. Додатковий показник незахищеності й, можливо, ворожості.

У ході аудиту слід дотримуватися зазначених нижче рекомендацій:

Аудиторам необхідно демонструвати своє позитивне відношення та намір допомогти підрозділу, що перевіряється. Також важливо, щоб аудитор не намагався демонструвати опитуваним свої переважаючі знання в області системи менеджменту.

У ході бесіди не слід застосовувати термінологію, незрозумілу співрозмовникові. Уникайте, також, слів « На мою думку», «Я вважаю». Аргументація аудитора повинна бути короткою, переконливою, не декларативною.

Під час перевірок різних видів діяльності, рекомендується вибирати конкретні приклади. Наприклад, прослідковувати виконання одного або декількох проектів або замовлень.

Якщо виявлено невідповідності встановленим вимогам, аудитору рекомендується розширити обсяг перевірки, щоб з'ясувати, чи є ситуація випадковістю або відбувається систематично.

Можна уникнути затягування дискусій, якщо аудитор відразу буде письмово викладати свої спостереження й пропонувати супровідному їх засвідчити.

Аудитор повинен звертати увагу на незвичайні речі, наприклад покриті пилом документи на полках або документи на їхньому робочому місці, що не мають слідів використання. Але, при цьому, аудитор не повинен гаяти час на розгляд дрібних недоглядів і пускатися по «неправильному сліду». Наприклад, відсутність бірки на устаткуванні може виявитися проблемою «на порожньому місці». Аудит – це відбір зразків, а не збір дрібних деталей.

Спостереження повинне вестися як за недоліками в практичній діяльності, так і за успіхами. Аудитор повинен мати на увазі, що процедуру завжди можна модифікувати або поліпшити тим або іншим способом. Можливо, що співробітники, які використовують процедуру у своїй повсякденній діяльності, уже зуміли знайти більш ефективний спосіб виконання роботи. У цьому випадку замість того, щоб реєструвати невідповідність, аудитор повинен відзначити існуючий спосіб діяльності для подальшого розгляду питання про можливу зміну офіційної процедури.

Якщо для зовнішніх аудиторів існує правило «Аудитор не повинен радити й консультувати тих, кого перевіряють, яким образом виконувати ту або іншу діяльність», то внутрішній аудитор, як співробітник тієї ж організації, може рекомендувати співробітникам ознайомитися з позитивним досвідом, побаченим ним при аудиторі інших підрозділів, якщо вважає, що це може сприяти поліпшенню діяльності. Але, при цьому, не можна нав'язувати свою думку по цьому питанню.

У ході аудита важливо робити записи, тому що пам'ять у більшості людей недоскональна. Звичайна практика – виробити систему скоропису або записувати ключові слова. Коли одночасно працюють два аудитори, то запитання переважно ставить керівник групи, а другий робить записи. Використовувати диктофони як засіб для таких записів не рекомендується, оскільки на більшість людей вони діють насторожуюче, і не завжди можна покладатися на правильну роботу обладнання. Записуйте ваші спостереження відразу ж після проведення перевірки. Це також стосується й тих випадків, коли все в порядку. Записуйте пропозиції для поліпшень і розвитку.

У ході перевірок аудитор може зіштовхнутися з неконструктивною поведінкою сторони, що перевіряється. Для того щоб направити аудитора від об'єкта перевірки опитувані можуть удатися до різних хитрощів, наприклад:

- **ДОВГИЙ ОБХІДНИЙ ШЛЯХ**, яким супровідний, втрачаючи час, веде аудитора до місця аудита;
- **ОГЛЯД ВИЗНАЧНИХ ПАМ'ЯТОК**, коли супроводжуючий знайомить аудитора буквально з усім виробництвом у подробицях;
- **ЗАБУТИЙ ДОКУМЕНТ**, за яким доводиться вертатися на інший кінець виробництва;
- **ЗАПІЗНЕННЯ** основної фігури в підрозділі;
- **ДОВГА ОБІДНЯ ПЕРЕРВА**;
- **ЗАКРИТА КІМНАТА** – двері приміщення, що перевіряється, до моменту перевірки закриті й відсутній ключ.

Аудитор повинен бути готовим до подібних ситуацій і у всіх випадках керуватися правилами у вигляді «Кодексу аудитора».

Питання для самоперевірки

1. Що є джерелом інформації для аудитора?
2. Перерахуйте методи збору інформації.
3. Перерахуйте типи опитувань у ході проведення аудитів.
4. Дайте рекомендації з проведення аудиту.
5. Як повинно проходити спілкування в ході аудиту?
6. Які фактори необхідно враховувати при створенні «клімату» для проведення аудиту?
 7. Опишіть сигнали рухів тіла людини. На що вони вказують?
 8. Перерахуйте основні положення кодексу аудитора.
 9. Перерахуйте етапи проведення аудиту.
10. Які кроки необхідно зробити на початку конкретного аудиту?
11. Розкажіть про процедуру проведення аналізу аудитів.
12. Що включає підготовка до проведення аудиту «на місці»?
13. Перерахуйте робочі документи із проведення аудиту «на місці».
14. Розкажіть про проведення вступної наради й про мету її проведення.
15. Опишіть процес збору інформації при аудиті.
16. Опишіть процес формування спостережень у ході проведення аудиту.
17. Чим відрізняються значні невідповідності від незначних?
18. Розкажіть про підготовку висновків за результатами аудиту.
19. Розкажіть про проведення підсумкової наради за даними аудиту.
20. Що повинен містити звіт про проведення аудиту?
21. Коли аудит вважається завершеним?
22. Який міжнародний стандарт регламентує вимоги до проведення аудитів систем менеджменту якості?
 23. Дайте поняття терміну аудит.
 24. Дайте поняття терміну критерії аудиту.
 25. Перерахуйте види аудитів систем менеджменту якості.
26. Яка область застосування міжнародного стандарту ISO 19011:2002?
27. Що таке програма аудиту?
28. Які види аудитів Ви знаєте?
29. Що таке внутрішній аудит і хто й з якою метою його проводить?
30. Що таке зовнішній аудит і хто й з якою метою його проводить?

31. Які аудити відносять до внутрішнього аудиту?
32. Які аудити відносять до зовнішнього аудиту?
33. Що таке аудит першою стороною?
34. Що таке аудит другою стороною?
35. Що таке аудит третьою стороною?
36. Розкажіть про переваги та недоліки проведення аудиту.
37. Що входить у перевірку адекватності?
38. Що таке перевірка відповідності?
39. Перерахуйте об'єкти аудиту.
40. Які методи аудиту Ви знаєте?

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Менеджмент якості та системи управління якістю, стандарти ISO 9000: Конспект лекцій/ Упоряд.: Тріщ Р.М., Лук'яненко В.М. Харків; ФОП Родак Л.П., 2013. -78 с.
2. Котеленець В.Г., Стригунова М.М. Введення в аудит якості. Навчальний посібник. - Севастополь, СНУЯЕтаП, 2012. - 180 с.
3. Основи сертифікації /Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів/ У к л а д а ч і: Д. А. Янушкевич, Д.Є. Петрукович, Харків, ХНАДУ 2011-278 с.
4. Шаповал М. І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. Підручник. - 3-є вид., перероб. і доп. – К .: Європ. унту., 2000. - 174 с.
5. Кириченко Л. С, Самойленко А. А. Стандартизація і сертифікація товарів та послуг: Підручник/ Л. С. Кириченко, А. А. Самойленко. – Х.: Вид-во «Ранок», 2008. – 240 с.
6. Сертификация и подтверждение соответствия в Украине: Учеб. пособие/ Кондрашов С.И., Константинова Л.В. и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 368 с.
7. ДСТУ 3419-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Сертифікація систем якості. Порядок проведення
8. ДСТУ ISO 19011:2003 Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і (або) екологічного управління (ISO 19011:2002, IDT).
9. ДСТУ ISO/IEC 17021-1:2008 Оцінювання відповідності. Вимоги до органів, які провадять аудит і сертифікацію систем управління (ISO/IEC 17021:2006, IDT).
10. ДСТУ 3498-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Бланки документів. Форма та опис.
11. ДСТУ 3418-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до аудиторів та порядок їх атестації
12. Шаповал М. І. **Менеджмент якості** Підручник. – 3-тє видання, виправлене і доповнене. – Київ, Т-во «Знання», КОО, 2007. – 471 с.
13. ДСТУ ISO 9000-2001 Системи управління якістю. Основні положення та словник

14. ДСТУ ISO 9001-2001 Системи управління якістю. Вимоги
15. ДСТУ ISO 9004-2001 Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності
16. ДСТУ ISO 10006:2005 Системи управління якістю. Настанови щодо управління якістю в проектах
17. ДСТУ ISO 10007:2005 Системи управління якістю. Настанови щодо управління конфігурацією
18. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи управління вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального оснащення
19. ДСТУ ISO/TR 10013:2003 Настанови з розроблення документації системи управління якістю
20. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ДСТУ ISO 9001-2001
21. ДСТУ ISO 19011:2003 Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і (або) екологічного управління
22. ДСТУ ISO/TS 16949:2005 Системи управління якістю. Специфічні вимоги до виробників автотранспортних засобів та запасних частин і приладдя до них щодо застосовування ДСТУ ISO 9001-2001
23. ДСТУ-П IWA 4:2006 Системи керування якістю. Настанови щодо застосовування ISO 9001:2000 в суб'єктах місцевого самоврядування
24. ДСТУ ISO/TR 10013-2003 Настанови з розроблення документації системи управління якістю
25. ДСТУ ISO 19011-20003 Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю та/чи систем екологічного управління.
26. Кане М.М., Іванов Б.В., Корешков В.Н., Схиртладзе А.Г. Системи, методи і інструменти менеджменту якості: підручник для вузів / під ред. М.М. Кане. СПб.: Пітер, 2009, (рос.).
27. Управління якістю продукції машинобудування: навчальний посібник / М.М. Кане, А.Г. Суслов, О.А. Горленко, Б.В. Іванов, В.Н. Корінців, А.І. Медведєв, В.В. Мірошників; під заг. ред. д-ра техн. наук М.М. Кане. М.: Машинобудування, 2010. 416 с.: (рос.).

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КАТЕГОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ.....	4
1.1. Поняття «якість»	4
1.2. Поняття «забезпечення якості» та «керування якістю».....	7
1.3. Роль управління якістю в системі сучасного менеджменту.....	16
1.4. Об'єкти якості та стратегія управління ними	19
1.5. Показники якості продукції	25
1.6. Показники якості процесів.....	43
1.7. Показники задоволеності споживача	45
1.8. Значення підвищення якості	49
Питання для самоперевірки	56
2. НОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ.....	57
2.1. Загальні принципи оптимізації вимог до якості	57
2.2. Моделі оптимізації якості	60
2.2.1. Сутність математичного моделювання	60
2.2.2. Основні напрямки використання математичних моделей в управлінні якістю продукції	63
2.2.3. Оптимізація вимог до якості продукції	65
2.2.4. Огляд моделей оптимізації якості	67
2.3. Призначення допусків на продукцію з урахуванням функції втрати якості (метод Г. Тагуті).....	78
2.4. Задачі і методи нормування точності та параметрів якості поверхні деталей машин.....	81
2.4.1. Нормування точності розмірів деталей машин. Основні поняття про точність у машинобудуванні	81
2.4.2. Рекомендації з попереднього вибору вимог до точності розмірів і посадок деталей машин	107
2.4.3. Нормування точності форми та розташування поверхонь деталей у машинобудуванні. Основні поняття про точність форми й розташування поверхонь деталей машин і їхні ролі в забезпеченні працездатності машин. Точність форми поверхонь.....	113

2.4.4. Рекомендації з попереднього вибору вимог до точності Форми й розташування поверхонь деталей машин	122
2.4.5. Нормування шорсткості та хвилястості поверхонь деталей машин.....	129
2.4.6. Рекомендації з попереднього вибору вимог до шорсткості поверхонь деталей машин.....	132
2.4.7. Нормування фізико-механічних властивостей поверхонь деталей машин	134
2.4.8. Рекомендації з попереднього вибору вимог до фізико- механічних властивостей поверхонь деталей машин	147
2.5. Прогнозування та планування змін до вимог якості.....	148
2.5.1. Основні причини постійного вдосконалювання технічних об'єктів	148
2.5.2. Завдання та види прогнозування якості виробів, вихідні дані	152
2.5.3. Методи прогнозування якості продукції.....	157
2.5.4. Завдання та види планування якості продукції.....	160
2.5.5. Процедура планування якості продукції.....	161
Питання для самоперевірки	163
3. СЕРТИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЯКОСТІ.....	164
3.1. Загальні відомості про сертифікацію та підтвердження відповідності в Україні.....	164
3.2. Сертифікація та технічні бар'єри в торгівлі	168
3.3. Правові основи сертифікації та підтвердження відповідності в Україні.....	173
3.3.1. Законодавча база сертифікації та підтвердження відповідності	173
3.3.2. Нормативна база сертифікації та підтвердження відповідності в Україні	176
3.4. Національна система сертифікації України УкрСЕПРО	177
3.4.1. Завдання і структура УкрСЕПРО.....	178
3.4.2. Основні принципи та загальні правила системи сертифікації УкрСЕПРО	184
3.5. Сертифікація систем управління якістю	188

3.5.1. Порядок та процедура сертифікації СУЯ.....	188
3.5.2. Порядок сертифікації систем управління якістю	190
3.5.3. Технічний нагляд за сертифікованими системами управління якістю	198
3.5.4. Внесення змін до системи управління якістю та в правила і порядок оцінки систем	199
Питання для самоперевірки	200
4. АУДИТ У СФЕРІ ЯКОСТІ В УКРАЇНІ.....	202
4.1. Аудит системи управління якістю відповідно до вимог ISO 19011	202
4.1.1. Види аудитів СУЯ.....	202
4.1.2. Цілі аудиту СУЯ.....	204
4.2. Загальні відомості	212
4.3. Внутрішній аудит систем якості.....	215
4.4. Зовнішній аудит системи якості	219
4.5. Керівні принципи аудиту згідно з ISO 19011.....	224
4.6. Сертифікація аудиторів	233
4.7. Методи та техніка роботи аудитора	236
Питання для самоперевірки	249
Рекомендована література.....	251

Навчальне видання

КОЗАКОВА Наталія Віталіївна

ОСТРОВЕРХ Євген Володимирович

ФЕДОРОВИЧ Володимир Олексійович

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА АУДИТ
В МАШИНОБУДУВАННІ

Навчальний посібник

для студентів спеціальності «Прикладна механіка»
денної, заочної та дистанційної форм навчання

Відповідальний за випуск *Г.К.Крижний*

Роботу до видання рекомендував *О.М. Шелковий*

В авторській редакції

План 2018 р., поз. 4.

Підп. до друку 21.01.2018 р. Формат 60х84 1/16. Папір офсетний. Riso-друк.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 4,4. Наклад 100 прим. Зам. № . Ціна до-
говірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК 3657 від 24.12.2009 р.

Друкарня НТУ «ХПІ», Харків, вул. Кирпичова, 2